



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599**

**OPTIMALISASI WAKTU IKAT DAN KUAT TEKAN BETON  
GEOPOLIMER DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
PENCAMPURAN KERING**

**ARRAHMATUR RIZQI**  
**10111410000086**

**Dosen Pembimbing:**  
**Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.d**  
**NIP. 19730710 199802 1 002**

**Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.**  
**NIK. 811 PT. Semen Indonesia (persero) Tbk.**

**Dr. Eng. Yuyun T, S.T., M.T.**  
**NIP 19780201 200604 2 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT REGULAR TEKNIK SIPIL**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2018**





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599**

**OPTIMALISASI WAKTU IKAT DAN KUAT TEKAN BETON  
GEOPOLIMER DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
PENCAMPURAN KERING**

**ARRAHMATUR RIZQI**  
**10111410000086**

**Dosen Pembimbing:**  
**Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.d**  
**NIP. 19730710 199802 1 002**

**Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.**  
**NIK. 811 PT. Semen Indonesia (persero) Tbk.**

**Dr. Eng. Yuyun T, S.T., M.T.**  
**NIP 19780201 200604 2 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT REGULAR TEKNIK SIPIL**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2018**







**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL APLIED PROJECT– RC146599**

**OPTIMALIZATION OF SETTING TIME AND COMPRESSIVE  
STRENGTH OF GEOPOLYMER CONCRETE WITH DRY MIXING  
METHOD**

**ARRAHMATUR RIZQI**  
**10111410000086**

**FINAL PROJECT SUPERVISOR:**  
**Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.d**  
**NIP. 19730710 199802 1 002**

**Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.**  
**NIK. 811 PT. Semen Indonesia (persero) Tbk.**

**Dr. Eng. Yuyun T, S.T., M.T.**  
**NIP 19780201 200604 2 002**

**DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING**  
**CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT**  
**VOCATIONAL FACULTY**  
**SEPULUH NOVEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**  
**SURABAYA 2018**



## LEMBAR PENGESAHAN

### **“OPTIMALISASI WAKTU IKAT DAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN MENGGUNAKAN METODE PENCAMPURAN KERING”**

#### **TUGAS AKHIR TERAPAN**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Terapan

Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 27 Juli 2018

Oleh:

Mahasiswa



**ARRAHMATUR RIZQI**

**NRP. 10111410000086**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing I



**Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIP. 19730710 199802 1 002**

Pembimbing II



**Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.**

**NIK. 811 (PT. Semen Indonesia)**

Pembimbing III



**Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.**

**NIP. 19780201 200604 2 002**

31 JUL 2018





**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 11 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Optimalisasi Waktu Ikut Dan Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Menggunakan Metode Pencampuran Kering		
Nama Mahasiswa	Arrahmatur Rizqi	NRP	10111410000086
Dosen Pembimbing 1	Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 3	Dr. Yuyun T, ST. MT NIP 19780201 200604 2 002	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"><li>- Isi buku &amp; lampiran ✓</li><li>- Matriks &amp; template judul aplikasi ✓</li></ul>	 Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002
<ul style="list-style-type: none"><li>- Metodologi → komposisi ✓</li><li>- Abstrak → komposisi, vol, etc ; kompulsasi &amp; benda uji ✓</li></ul>	 Ir. Munarus Sluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003
	 Dr. Yuyun T, ST. MT NIP 19780201 200604 2 002
<ul style="list-style-type: none"><li>- kesulitan 3 difoto &amp; diforek, sd menghisikan alat</li><li>- Foto &amp; alat kendala di tulis di TA ✓</li><li>- Rekomendasi &amp; membuat alat ✓</li><li>- uji ikat (metode semen) → di tulis metode yg digunakan &amp; rekomendasi nya metode modified ✓</li><li>- Saran 3 ✓</li></ul>	 Tri Eddy Susanto, ST, MT NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	Ir. Munarus Sluch, MS. NIP 19550408 198203 1 003	Dr. Yuyun T, ST. MT NIP 19780201 200604 2 002	Tri Eddy Susanto, ST, MT NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2	Dosen Pembimbing 3
	 Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	 Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.	 Dr. Yuyun T, ST. MT NIP 19780201 200604 2 002





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. Arghmatu Rizqi 2  
NRP : 1 1011410000086 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing 1: Risho Bayuagi, S.T., M.T., Ph.D. 3. DR. ENA. Yu Yun Tajunnisa, S.T., M.T.  
2. Iri Eddy Susanto, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	2 November 2017	- Disarankan grading pakai LA Menggunakan bola baya lebih banyak dan putaran ditambah		B	C	K
2	22 November 2017	- Membeli material dan merencananya.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	29 November 2017	- Menggunakan ball Mill di lab beton di SI Sipil ITS		B	C	K
		- Pakai los agles di lab Mekhanika		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Target setting time > semen/pasta normal.		B	C	K
		- Target kuat tekan > pasta semen 1, 3, 28.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Target komposisi Optimum → Beton.		B	C	K
		- Tetap cari info kuat alat		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- No rek : beli bahan		B	C	K
		- Output TA : Paten alat & komposisi semen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal

- Email time sebelum y penulisan awal.





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Arrahmatur Rizki 2  
NRP : 1 10111910000086 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : 1. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D  
2. Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.,  
3. DR. ENG. Yuyu Taqumisa, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4	5 Januari 2018	- Disiapkan 12 variabel (2 alkali, 3 Fly Ash, 2 pasir)				
		- Minimal hasil akhir benda uji adalah mortar		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Melakukan pre-trial dari 12 variabel tersebut dipilih salah 1 yang dianggap jitu untuk mengetahui karakteristiknya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Membuat jadwal sendiri		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Jika ada kesulitan langsung konsultasi				
		- Tidak menemukan $Na_2SiO_3$ granular (yang cair dipanaskan 70-100°C)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Mencampurkan alkali dan Fly Ash 1:20-30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Mengacu pada metode Mas Karim atau dimodifikasi sesuai keadaan		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	16 Januari 2018	- Kata pengantar terima kasih kepada yang belum dikenal				
		- Ceritakan secara global		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Dibuat lebih simpel dan sederhana		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- PPT 10-15 slide				

Ket. :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Arrahmatur Rizqi 2  
NRP : 1 10111410000086 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : 1. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D  
2. Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.  
3. DR.ENG. Yurni Tajwanisa, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6	12 Februari 2018	- Montir ftd lembar pengesahan				
		- Konsultasi proporsi campuran dan metodenya		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	27 Februari 2018	- Uji kuat tekan, porositas, permeabilitas				
		• UPU, Hummer tes				
		- Uji yang terbaik dan terjelek		B	C	K
		- Uji 3, 7, 14, 28, 56 hari		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Setiap uji 3 silinder/hari				
8	22 Maret 2018	- Pelajari beton SCC		B	C	K
		- Cari literatur sebanyak mungkin (buku, jurnal, internet)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	3 April 2018	- Pelajari komposisi SCC lagi				
		- Gunakan kubus 10x10 cm.		B	C	K
		- Fokus ke penyajian bahan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Uji Beton & Workability				
		& Setting Time				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

Nama : 1 Arrahmatur Rizqi 2  
 NRP : 1 1011410000086 2  
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : 1. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D  
 2. Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.  
 3. DR. Eng Yuyu Tajunnisa, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
14	51 Maret 2018	- Gunakan ukuran agregat kasar 2-0,4 cm				
		- Bisa korelasi dengan semen konvensional		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		- Bisa minimal 1 mix desain semen konvensional				
		- Tekan, lentur, penetrasi, permeabilitas		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		- Coba oven NaOH & Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> suhu 80°C (agar tidak terjadi butiran lagi)				
15	13 Maret 2018	- Mengubah desain alat/molen		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		- Pakai besi lapis xiletan abu teplan yang anti lengket untuk molen				
		- Terjadi lengket karena memang sudah sifat asli geopolimer karena perbedaan reaksi (terkena udara & nempel di dinding besi molen)		<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
				<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K

Ket. :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Arrahmatur Rizqi 2  
**NRP** : 1 1011140410000086 2  
**Judul Tugas Akhir** :

**Dosen Pembimbing** : 1. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D  
 2. Tri Eddy Susanto, S.T., M.T.  
 3. DR. ENG. Yuyun Tajumassa, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
16	14 Maret 2018	Pakai kubus 5x5x5 cm agar lebih efisien material yang digunakan				
		Menggunakan agregat kasar ukuran 5/10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Tefap dengan pengertian atau bahan pengisi betonnya.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	5 April 2018	Jika pakai SCC Variasikan do alisat antara NaOH & Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>				
		Minimal pakai perbandingan 1:2:1:1, 2:1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Tidak bisa pakai SP karena khusus untuk semen konvensional pH 9-12)				
		sedangkan untuk geopolimer pH > 14		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	9 April 2018	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> semakin sedikit makin flowing				
		Tas rendah strenght cenderung bngg		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Flow diameter 3/4 dari diameter tables test sudah cukup				

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Arrahmatur Rizqi 2  
NRP : 1 10111910000086 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing  
1. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D  
2. T.M. Eddy Susanto ST, M.T  
3. DR. ENG. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
19	4 Mei 2018 Juni	- Uji hidrasi suhu. bandingkan dengan semen konvensional (profil temperatur)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	12 Februari 2018	- Metode penghalusan. - Komposisi Campuran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	26 Maret 2018	- Beton lengket di dinding molen - Koreksi proporsi campuran. - Coba metode lain		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	6 April 2018	- Konsultasi Flow Table Tes - Konsultasi SLC - Buat mortar sekalian jika bisa.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	24 Juli 2018	Asistensi revisi tugas akhir		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	25 Juli 2018	Asistensi revisi Abstrak & Kesimpulan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal



## **“OPTIMALISASI WAKTU IKAT DAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN MENGGUNAKAN METODE PENCAMPURAN KERING”**

Nama Mahasiswa : Arrahmatur Rizqi  
NRP : 10111410000086  
Departemen : Departemen Infrastruktur Sipil FV - ITS  
Dosen Pembimbing I : Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.d  
NIP : 19730710 199802 1 002  
Pembimbing II : Tri Eddy Susanto, S.T., M.T  
NIK : 811 PT. Semen Indonesia (persero) Tbk  
Dosen Pembimbing III : Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.  
NIP : 19780201 200604 2 002

### **ABSTRAK**

Beton geopolimer adalah beton yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen. Sehingga, karakteristik beton geopolimer (*setting time* & kuat tekan) sangat dipengaruhi oleh karakteristik *fly ash* (fisik, nilai pH, & kandungan kimia). Bahan dasar dari penelitian ini adalah *fly ash* tipe C, NaOH (*flake*) dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (*granular*). Metode pencampuran kering merupakan metode dimana bahan kimia alkali aktivator digiling bersamaan dengan bahan pozzolan komposisi tertentu, sehingga menghasilkan suatu butiran halus mirip semen. *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah campuran beton yang mempunyai karakteristik dapat memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan alat pemadat (vibrator) tanpa harus mengalami *bleeding* dan segregasi. Metode SSC

dipilih dalam penelitian ini bertujuan untuk dapat diaplikasikan dengan mudah dalam skala besar.

Material NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dalam bentuk padatan yang dihaluskan bersama *fly ash* tipe C untuk membuat semen geopolimer dengan menggunakan alat los angeles. Penghalusan semen geopolimer dilakukan dengan cara memutar sebanyak 500x putaran atau selama 18 menit 48 detik, menggunakan mesin los angeles yang berisi 12 bola baja masing-masing memiliki berat 390-455 gram. Penelitian ini terdiri dari 4 variabel, setiap variabel mempunyai selisih perbandingan antara NaOH dengan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebesar 0,5-1. Pembuatan benda uji di penelitian sebanyak 32 silinder ukuran 10x20 cm dan 96 kubus ukuran 5x5x5 cm untuk proses *trial and error*. Hasil kuat tekan terbaik dari 4 variabel, untuk selanjutnya diteliti lebih lanjut, untuk memastikan bisa tidaknya diaplikasikan dalam volume yang besar, dengan membuat benda uji 10x20 cm sebanyak 5 sampel silinder.

Hasil optimum dalam penelitian ini, dengan kuat tekan tertinggi dan UPV yang mempunyai kecepatan tertinggi, adalah V4, dengan komposisi *fly ash* 396  $\text{Kg/m}^3$ , NaOH 56  $\text{Kg/m}^3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  28  $\text{Kg/m}^3$ , pasir 1056  $\text{Kg/m}^3$ , kerikil 864  $\text{Kg/m}^3$  dan air 120  $\text{Kg/m}^3$ . Komposisi optimum tersebut menghasilkan waktu ikat 345 menit serta memiliki kuat tekan mencapai 20,6 MPa. Pengujian UPV menghasilkan rata-rata beton semen geopolimer V4 yang memiliki kualitas cukup karena mempunyai kecepatan (V) mencapai 2,944 Km/s yang berada dalam kisaran 2,0-3,0 Km/s (menurut sumber *International Atomic Energy Agency*, 2002). Kuat tekan paling rendah adalah V2 sebesar 2,00 MPa. Komposisi V2 adalah *fly ash* 396  $\text{Kg/m}^3$ ,



NaOH 28 Kg/m<sup>3</sup>, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O 56 Kg/m<sup>3</sup>, pasir 1056 Kg/m<sup>3</sup>, kerikil 864 Kg/m<sup>3</sup> dan air 163,2 Kg/m<sup>3</sup>

Kata kunci: beton geopolimer, *fly ash* tipe C, semen geopolimer, *Self Compacting Concrete* (SCC), waktu ikat, kuat tekan.



**“OPTIMALIZATION OF SETTING TIME AND  
COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER  
CONCRETE WITH DRY MIXING METHOD”**

Student's Name	: Arrahmatur Rizqi
NRP	: 10111410000086
Department	: Civil Infrastructures Engineering FV-ITS
Supervisor's I	: Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.d
NIP	: 19730710 199802 1 002
Supervisor's II	: Tri Eddy Susanto, S.T., M.T
NIK	: 811 PT. Semen Indonesia (persero) Tbk
Supervisor's III	: Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T
NIP	: 19780201 200604 2 002

**ABSTRACT**

*Geopolimer concrete is concrete which use fly ash as the partial complementary of cement so that the characteristic of geopolimer concrete are highly affected by the characteristic of fly ash. The base materials of this research are type C fly ash, NaOH (flake) dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (granular). Dry mixing method is a method where the chemical alkali activator is grinded with certain composition of pozzolan at the same time, so that they form a smooth granules which look like cement. SSC is a mixed concrete which is able to become solid without vibrator and without bleeding and segregated. SSC method are chosen in this research in case of this method are easy applied in big scale.*

*Solid NaOH and  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  are broken apart with the type C. The smoothing of geopolimer cement is done with*

*twisting it until 500 rotation or until 18 minutes 48 seconds with los angeles machine which contains 12 steel ball which each weight is 390-455 gram. This research consists of 4 variable, each variable has the deviation of comparison between NaOH with  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  in the amount of 0,5-1. 32 cylinder of object test are made with 10x20 cm of size and 96 cubes with 5x5x5 cm of size for trial and error process. The best result of compressive strength from 4 variables are continue to be researched furthermore to ensure the ability of the application in big volume with make 5 sample cylinder object test which size is 10x20 cm.*

*The optimum result with highest compressive strength and the fastest UPV of this research is V4 with composition of fly ash  $396 \text{ Kg/m}^3$ , NaOH  $56 \text{ Kg/m}^3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   $28 \text{ Kg/m}^3$ , pasir  $1056 \text{ Kg/m}^3$ , kerikil  $864 \text{ Kg/m}^3$  dan air  $120 \text{ Kg/m}^3$ . The mentioned optimum composition produces setting time in 345 minutes and the compressive strength reaches 20,6 MPa. The UPV testing produces the average V4 geopolymer cement which has proper quality because of its speed reaches 2,944 Km/s which in the range of 2.0-3.0 Km/s (International Atomic Energy Agency, 2002). The lowest compressive strength is V2 which reaches 2.00 Mpa. V2 composition is the fly ash  $396 \text{ Kg/m}^3$ , NaOH  $28 \text{ Kg/m}^3$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   $56 \text{ Kg/m}^3$ , pasir  $1056 \text{ Kg/m}^3$ , kerikil  $864 \text{ Kg/m}^3$  dan air  $163,2 \text{ Kg/m}^3$ .*

*Keywords : geopolimer concrete , type C fly ash, geopolimer cement, Self Compacting Concrete (SCC), setting time, compressive strenght.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir terapan ini tepat pada waktunya. Dengan tugas akhir yang berjudul “Optimalisasi Waktu Ikut dan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Menggunakan Metode Pencampuran Kering”

Selama proses penyusunan tugas akhir terapan ini tentunya tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, peneliti menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Terima kasih atas segala kelancaran yang Engkau berikan dalam setiap kesulitan selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D dan Ibu Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dukungan dan bimbingan.
3. Bapak Tri Eddy Susanto, S.T., M.T., selaku pembimbing penelitian selama pelaksanaan penelitian di Lab Aplikasi Produk PT. Semen Indonesia (persero) Tbk, yang telah memberikan arahan, masukan, dukungan dan bimbingan.
4. Ibu Siti Kamilia Aziz, S.T., M.T. selaku Dosen Wali penulis.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Proyek Akhir Terapan ini. Seluruh dosen pengajar

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan. Seluruh staff dan karyawan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS.

6. Bapak Basri dan Ibu Eny Subektiyowati, selaku orang tua, yang telah mendukung dan mendoakan penulis dalam pelaksanaan tugas akhir terapan ini.
7. Teman-teman Teknik Infrastruktur Sipil yang terus mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir terapan ini.

Dalam tugas akhir terapan ini, kami menyadari, bahwa apa yang penulis kerjaan masih sangat jauh dari kesempurnaan. Dan semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda bagi seluruh pihak yang telah berjasa dalam penyusunan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat berguna bagi ilmu pengetahuan dan masyarakat.

Surabaya, Juli 2018

Arrahmatur Rizqi

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
BERITA ACARA .....	iii
LEMBAR ASISTENSI .....	v
ABSTRAK .....	xiii
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
KATA PENGANTAR .....	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR .....	xxv
DAFTAR TABEL.....	xxix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan .....	4
1.4    Manfaat .....	4
1.5    Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKAN .....	7
2.1    Definisi.....	7
2.1.1    Beton Geopolimer .....	7
2.1.2    SCC (Self Compacting Concrete) .....	11
2.2    Material Penyusun.....	14

2.3.1	<i>Fly Ash</i> .....	14
2.2.1	Sodium Hidroksida (NaOH).....	20
2.2.2	Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\cdot\text{SiO}_3$ ).....	21
2.2.3	Agregat .....	23
2.2.4	Air .....	24
2.3	Pengujian pada Material Penyusun Beton Geopolimer .....	25
2.3.1	XRF (X-Ray Flouresences) .....	25
2.3.2	XRD (X-Ray Diffractometry) .....	27
2.3.3	SEM-EDX (Scanning Electron Microscope) .	28
2.3.4	PSD (Particle Size Distribution).....	29
2.3.5	Massa Jenis.....	30
2.3.6	Berat Jenis .....	31
2.4	Standar Acuan Uji Material.....	31
2.5	Pengujian pada pasta, mortar dan beton.....	32
2.6.1	Waktu Ikat ( <i>Setting Time</i> ) .....	32
2.6.2	Pengujian Beton Segar .....	34
2.6.3	Kuat Tekan .....	36
2.6.4	UPV ( <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> ) .....	37
2.6	Penelitian Sebelumnya .....	42
BAB III METODE PENELITIAN.....		43
3.1	Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	43
3.2	Detail Metodologi Pelaksanaan Penelitian .....	45



3.2.1	Pengumpulan Material Penyusun .....	45
3.2.2	Pengujian Material Penyusun .....	45
3.2.3	Pembuatan dan Pengujian Semen Geopolimer 47	
3.2.4	Pengujian Agregat .....	53
3.2.5	Perhitungan Mix Design .....	57
3.2.6	Pembuatan Benda Uji .....	60
3.2.7	Pengujian Beton Segar .....	71
3.2.8	Perawatan Benda Uji .....	73
3.2.9	Pengujian Benda uji .....	74
BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN .....		79
4.1	Umum .....	79
4.2	Hasil Analisa Material .....	79
4.2.1	<i>Fly Ash</i> dan Semen Geopolimer .....	79
4.2.2	Agregat Kasar (Batu Pecah) .....	87
4.2.3	Agregat Halus (Pasir) .....	90
4.3	Pengujian Waktu Ikut Pasta Semen Geopolimer ....	94
4.4	Pengujian Mortar Geopolimer .....	96
4.4.1	Pengujian Kuat Tekan .....	96
4.5	Pengujian Beton Geopolimer .....	97
4.5.1	Pengujian Beton Segar ( <i>Slump Cone</i> ) .....	97
4.5.2	Pengujian Kuat Tekan Beton .....	99
4.5.3	Pengujian UPV ( <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> )	101

BAB V PENUTUP.....	103
5.1    Kesimpulan .....	103
5.2    Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA .....	109
BIODATA PENULIS .....	117

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Komposisi Material Penyusun SCC Menurut Brouwers (2005).....	14
<b>Gambar 2. 2</b> <i>Fly Ash</i> .....	15
<b>Gambar 2. 3</b> <i>Fly Ash</i> Kelas F.....	17
<b>Gambar 2. 4</b> <i>Fly Ash</i> Tipe C .....	18
<b>Gambar 2. 5</b> NaOH Flake (a); NaOH Larutan dengan Konsentrasi tertentu (b).....	20
<b>Gambar 2. 6</b> $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ dalam Bentuk Larutan atau disebut <i>Water Glass</i> (a); $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ dalam Bentuk Flake (b) .....	21
<b>Gambar 2. 7</b> Agregat Kasar (a); Agregat Halus (b) .....	23
<b>Gambar 2. 8</b> Air Bersih Non Aquades.....	24
<b>Gambar 2. 9</b> Cara Kerja Uji XRF .....	27
<b>Gambar 2. 10</b> Vicat Apparatus .....	32
<b>Gambar 2. 11</b> Bagian-bagian Vicat Apparatus .....	33
<b>Gambar 2. 12</b> <i>Slump Cone</i> .....	35
<b>Gambar 2. 13</b> Mesin Uji Kuat Tekan Beton .....	36
<b>Gambar 2. 14</b> Diagram Alir UPV .....	38
<b>Gambar 2. 15</b> UPV Metode <i>Indirect</i> .....	40
<b>Gambar 2. 16</b> UPV Metode <i>Semi Direct</i> .....	40
<b>Gambar 2. 17</b> UPV Metode <i>Indirect</i> .....	41
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian 1 .....	43
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Alir Penelitian 2 .....	44
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram Alir Penelitian 3 .....	44
<b>Gambar 3. 4</b> Wujud Mesin Los Angeles dan Tampak Luar Mesin (a); Tampak Dalam Mesin (b).....	48
<b>Gambar 3. 5</b> Menyiapkan Material Penyusun Semen Geopolimer dengan Massa 5 kg .....	49
<b>Gambar 3. 6</b> Memasukkan Bola Baja ke Dalam Mesin Los Angeles.....	49

<b>Gambar 3. 7</b> Memasukan Bahan Penyusun Semen Geopolimer ke dalam Mesin Los Angeles .....	50
<b>Gambar 3. 8</b> Menutup dan Menjalankan Mesin Los Angeles .....	50
<b>Gambar 3. 9</b> Mengeluarkan Semen Geopolimer dari dalam Mesin <i>Los Angeles</i> .....	51
<b>Gambar 3. 10</b> Mengemasi dan Menimbang Semen Geopolimer setelah Digiling .....	51
<b>Gambar 3. 11</b> Pasir Silika yang digunakan untuk Membersihkan Mesin Los Angeles .....	52
<b>Gambar 3. 12</b> Menyiapkan dan Menimbang Bahan : Pasir (a); Semen Geopolimer (b); Air (c) .....	61
<b>Gambar 3. 13</b> Menyiapkan Alat : Kapi (a); Bekisting Kubus 5x5 cm (b); <i>Flow Table Test</i> (c); <i>Mixer</i> (d).....	61
<b>Gambar 3. 14</b> Memasukkan Agregat Halus (Pasir) .....	62
<b>Gambar 3. 15</b> Memasukkan Semen Geopolimer .....	62
<b>Gambar 3. 16</b> Aduk hingga homogen.....	63
<b>Gambar 3. 17</b> Memasukkan air secara bertahap .....	63
<b>Gambar 3. 18</b> Memasukkan Adonan Mortar ke <i>Flow Table Test</i> .....	64
<b>Gambar 3. 19</b> Mengukur Diameter Adonan Mortar .....	64
<b>Gambar 3. 20</b> Memasukkan Adonan Mortar ke Dalam Cetakan Kubus 5x5 cm .....	65
<b>Gambar 3. 21</b> Menyiapkan dan Menimbang Bahan : Kerikil (a); Pasir (b); Semen Geopolimer (c); Air (d) .....	65
<b>Gambar 3. 22</b> Menyiapkan Alat : Cetok (a); <i>Hand Mixer</i> (b); Kerucut Slump (c); Penggaris 50 cm (d); Timba Plastik (e); Silinder 10x20 cm (f) .....	66
<b>Gambar 3. 23</b> Memasukkan Agregat Halus (Pasir) ke dalam Timba Plastik .....	67

<b>Gambar 3. 24</b> Memasukkan Agregat Kasar (Kerikil) ke dalam Timba Plastik .....	67
<b>Gambar 3. 25</b> Pengadukan Hingga Homogen .....	68
<b>Gambar 3. 26</b> Memasukkan Semen Geopolimer Secara Bertahap Agar Tercampur Secara Merata.....	68
<b>Gambar 3. 27</b> Memasukkan Air Secara Bertahap.....	69
<b>Gambar 3. 28</b> Pengadukan Beton hingga Homogen.....	69
<b>Gambar 3. 29</b> Memasukkan Adonan Beton ke Dalam Kerucut Slump .....	70
<b>Gambar 3. 30</b> Mengukur Diameter Slump.....	70
<b>Gambar 3. 31</b> Memasukkan Adonan Beton ke dalam Bekisting .....	71
<b>Gambar 3. 32</b> Sketsa Pengujian <i>Slump Cone</i> .....	72
<b>Gambar 3. 33</b> Pengukuran Diameter Slump Beton Segar ....	73
<b>Gambar 3. 34</b> Perawatan Benda Uji dengan <i>Curing</i> Metode Polythene.....	74
<b>Gambar 3. 35</b> Pengujian Benda Uji .....	75
<b>Gambar 3. 36</b> Pengujian UPV Benda Uji dengan cara Metode ( <i>Direct Transmision</i> ) .....	76
<b>Gambar 4. 1</b> (a) (c)SEM Fly Ash Tipe C Ukuran 20 $\mu$ m, (b) (d) SEM Fly Ash Tipe C Ukuran 10 $\mu$ m .....	82
<b>Gambar 4. 2</b> (a) (b)SEM Fly Ash Tipe C Ukuran 20 $\mu$ m, (c) (d) (e) Hasil EDX dari Ketiga Titik .....	83
<b>Gambar 4. 3</b> Pengujian <i>Particle Size Distribution (PSD)</i> Fly Ash.....	84
<b>Gambar 4. 4</b> Pengujian <i>Particle Size Distribution (PSD)</i> Semen Geopolimer.....	85
<b>Gambar 4. 5</b> Analisa Saringan Pasir .....	94
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Pengujian Waktu Ikat .....	95

<b>Gambar 4. 7</b> Pengujian Kuat Tekan Mortar Umur 3, 7, 14, 28 hari .....	96
<b>Gambar 4. 8</b> Pengujian Pertama <i>Slump Flow</i> 50 cm .....	97
<b>Gambar 4. 9</b> Pengujian Kedua <i>Slump Flow</i> 50 cm.....	98
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 3, 7, 14, dan 28 Hari.....	99
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik Umur Pengujian terhadap Pertumbuhan Nilai Kuat Tekan (%) .....	100
<b>Gambar 5. 1</b> Sketsa Molen Konvensional Diberi Rongga yang diisi dengan Air Dingin (es batu) .....	107

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Standar Acuan Pengujian Material .....	31
<b>Tabel 2. 2</b> Klasifikasi Kualitas Beton Berdasarkan Kecepatan Gelombang .....	41
<b>Tabel 3. 1</b> Variabel Komposisi Campuran Semen Geopolimer .....	47
<b>Tabel 3. 2</b> Tabel <i>Mix Design</i> Mortar Geopolimer .....	58
<b>Tabel 3. 3</b> Tabel <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer .....	59
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil XRF <i>Fly Ash</i> Tipe C.....	80
<b>Tabel 4. 2</b> Massa Jenis <i>Fly Ash</i> dan Semen Geopolimer .....	86
<b>Tabel 4. 3</b> Berat Jenis <i>Fly Ash</i> dan Semen Geopolimer .....	86
<b>Tabel 4. 4</b> Berat Jenis Batu Pecah .....	87
<b>Tabel 4. 5</b> Kelembaban Batu Pecah.....	88
<b>Tabel 4. 6</b> Kadar Air Resapan Batu Pecah .....	88
<b>Tabel 4. 7</b> Analisa Saringan Batu Pecah.....	89
<b>Tabel 4. 8</b> Hasil Uji XRF Pasir.....	90
<b>Tabel 4. 9</b> Berat Jenis Pasir .....	91
<b>Tabel 4. 10</b> Kelembaban Pasir .....	91
<b>Tabel 4. 11</b> Kadar Air Reasapan Pasir.....	92
<b>Tabel 4. 12</b> Analisa Saringan Pasir.....	93
<b>Tabel 4. 13</b> Kuat Tekan Mortar Geopolimer Umur 3, 7, 14, 28 Hari.....	96
<b>Tabel 4. 14</b> Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 3, 7, 14, dan 28 Hari.....	99
<b>Tabel 4. 15</b> Tabel Umur Pengujian terhadap Pertumbuhan Nilai Kuat Tekan (%) .....	100
<b>Tabel 4. 16</b> Pengujian Beton Geopolimer dengan Benda Uji Silinder 10x20 cm .....	101
<b>Tabel 4. 17</b> Pengujian UPV ( <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> ) Beton Geopolimer V4 dilakukan pada Umur 28 hari .....	102

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan, hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan dibanding dengan bahan lain, antara lain harganya yang relatif murah, kuat, bahan penyusun mudah didapat, dan tidak mengalami pembusukan. Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. (Djamaluddin, 2010)

Beton membutuhkan bahan pengikat berupa semen, namun konsumsi semen dan persediaan semen di Indonesia tidak seimbang. Dibuktikan pada hasil survey *Indonesia Cement Association*, pada bulan Mei tahun 2016 total konsumsi semen di Indonesia 5.286.606 Ton, hingga pada Mei 2017 total konsumsi di Indonesia meningkat 0,081% mencapai angka 5.715.794 Ton. (*Indonesian Cement Association*, 2017)

*Ordinary Portland Cement* (OPC) biasanya digunakan sebagai pengikat untuk memproduksi beton, bahan bangunan yang paling banyak dimanfaatkan di dunia. Industri semen adalah salah satu sumber terbesar dari emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh semen adalah sekitar 5-7% dari total karbon global dioksida. Oleh karena itu, industri

semen global menghadapi kebutuhan mendesak untuk teknologi alternatif yang dapat mengurangi karbon dampak produksi semen. Hal ini telah mendorong penelitian menjadi alternatif yang ramah lingkungan seperti beton geopolimer. Beton geopolimer menghasilkan CO<sub>2</sub> sekitar 9% lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan 100% semen. (Sajjad Yousefi Oderji, 2017).

Seiring dengan perkembangan dunia teknologi beton saat ini, para peneliti serta pelaksana teknis mengarah pada penggunaan beton geopolimer dimana memanfaatkan bahan sisa untuk menggantikan fungsi semen sebagai bahan pengikatnya. *Geopolymer* adalah bahan anorganik yang kaya akan Silikon (Si) dan Aluminium (Al) yang bereaksi dengan alkali menjadi material bersifat *cementitious* yang dapat mereduksi penggunaan semen Portland yang fungsinya sama seperti semen sebagai bahan pengikat atau *binder* (Turner, Louise K., 2013).

Beton geopolimer pertama kali dikembangkan oleh Joseph Davidovits tahun 1970. Dimana Davidovits menemukan bahwa beton yang digunakan dalam struktur kuno mengandung alkali dengan alumino silikat sebagai pengikatnya dan menamakannya beton geopolimer (Singh,dkk, 2013) Beton geopolimer berasal dari geopolimerisasi yaitu geosintesis alumino silikat polimerik dan alkali-silikat menjadi kerangka polimer SiO<sub>4</sub> dan AlO<sub>4</sub> yang terikat secara tetrahedral (Davidovits, 2008).

Dilain sisi, penggunaan *Fly Ash Type C* yang merupakan *High-Calcium Fly Ash* dengan kadar CaO lebih besar dari 10% sangat jarang digunakan dalam campuran geopolimer

pembuatan beton. Sehingga terjadi ketimpangan pemanfaatan antara *Fly Ash Type C* dan *Fly Ash Type F*. Hal ini dikarenakan, *setting time* pada *High-Calcium Fly Ash* berlangsung cepat dikarenakan reaksi hidroliknya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar kalsium dan lebih sulit diprediksi (Wang, 2006 dan Roberts 2007) karena itu membutuhkan kombinasi *admixture* tertentu.

Namun disisi lain, terdapat juga penelitian tentang bahan pengikat non semen portland, yaitu teknologi bahan pengikat menggunakan aktivator alkali. Dimana aktivator alkali ini mampu bereaksi dengan material yang mengandung Si dan Al tinggi melalui proses pelimerisasi atau saat ini disebut geopolimer (Abdullah et al, 2013). Istilah dan penelitian geopolimer diciptakan oleh ilmuwan asal Prancis yaitu Prof. Joseph Davidovits pada tahun 1979, hingga akhirnya beliau mendirikan *Institut Geopolymere* yang bermarkas di Prancis yang berdiri hingga saat ini ([www.geopolymer.org](http://www.geopolymer.org)).

Oleh karena itu, penelitian “Optimalisasi Waktu Ikut dan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Menggunakan Metode Pencampuran Kering” ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk menutupi kelemahan penelitian sebelumnya “Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash” agar dapat lebih mudah diterima dan diaplikasikan oleh masyarakat masyarakat luas.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berikut merupakan rumusan masalah yang akan diselesaikan melalui penelitian ini, diantaranya :

1. Bagaimana karakteristik material penyusun yang digunakan melalui hasil pengujian sesuai standar?
2. Bagaimana mendesain campuran dan hasil performa maksimal pada pengujian kuat tekan dan UPV dari beton geopolimer berbasis *fly ash* dengan metode pencampuran kering?
3. Apakah beton geopolimer metode kering dapat diaplikasi dalam skala besar dengan menggunakan beton *Self Compacting Concrete* (SCC)?

### **1.3 Tujuan**

Berikut merupakan tujuan yang akan diselesaikan melalui penelitian ini, diantaranya :

1. Mengetahui karakteristik material penyusun yang digunakan melalui hasil pengujian sesuai standar.
2. Mengetahui cara mendesain campuran dan hasil performa maksimal pada pengujian kuat tekan dan UPV dari beton geopolimer berbasis *fly ash* dengan metode pencampuran kering.
3. Mengetahui bagaimana beton geopolimer metode kering dapat diaplikasi dalam skala besar dengan menggunakan beton *Self Compacting Concrete* (SCC).

### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penelitian adalah, mampu menghasilkan suatu inovasi baru dalam hal teknologi beton ramah lingkungan yaitu beton geopolimer yang lebih aplikatif dan dapat digunakan sebagai beton *Self Compacting Concrete* (SCC).

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan material dengan sumber sebagai berikut :
  - a. *Fly Ash*
  - b. NaOH (Natrium Hidroksida)
  - c.  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Sodium Silikat-Pentahidrat)
  - d. Air (Air biasa non Aquades)
  - e. Pasir
  - f. Kerikil
2. Pengujian bahan dasar dan produk akhir yang dilaksanakan sebagai berikut :
  - a. Karakterisasi material : XRF, PSD, berat jenis, massa jenis, dan uji material agregat halus dan agregat kasar
  - b. Pasta : waktu ikat
  - c. Mortar : kuat tekan
  - d. Beton : kuat tekan dan UPV

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKAN**

#### **2.1 Definisi**

##### **2.1.1 Beton Geopolimer**

Beton geopolimer adalah beton yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen. Sehingga, karakteristik beton geopolimer (*setting time* & kuat tekan) sangat dipengaruhi oleh karakteristik *fly ash* (fisik, nilai pH, & kandungan kimia). Geopolymer merupakan bahan atau material yang berupa anorganik yang disintesa melalui proses polimerisasi. Terminologi geopolimer pertama kali digunakan oleh Profesor Davidovits pada tahun 1978 (Davidovits, 1988) untuk menjelaskan tentang mineral polimer yang dihasilkan melalui *geochemistry*. *Geopolymer* adalah bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa dari material yang banyak mengandung Silika (Si) dan Alumina (Al) yang berasal dari alam atau dari material hasil sampingan industri.

Bahan dasar geopolimer umumnya mengandung silika dan alumina cukup tinggi, memiliki fasa amorphous reaktif atau fasa butiran-halus (Perera, 2007). Berbagai bahan dasar digunakan dalam penelitian seperti abu terbang kelas F, abu terbang kelas C, metakaolin, dan slag. Menurut Xu & van Deventer (2002), bahan untuk geopolimerisasi juga dapat berupa bahan tunggal maupun kombinasi berbagai bahan. Walaupun bahan dasar yang digunakan berbeda, pada dasarnya pengaktifan dengan larutan alkali akan memberikan hasil akhir berupa amorphous aluminasilikat. Tetapi van Jaarsveld, *et al.*

(2003) menyatakan bahwa tiap bahan dasar yang digunakan sebenarnya mempengaruhi sifat fisik dan kimia geopolimer. Penggunaan abu terbang dari berbagai sumber yang memiliki perbedaan secara mineralogi dan kelarutan akan mempengaruhi kemampuan abu terbang tersebut untuk bereaksi dalam campuran geopolimer. Oleh karena itu, hasil pengaktifan berbagai bahan dasar jenis yang sama sebenarnya akan berbeda karena tiap bahan memiliki variasi kandungan mineral. Karena *fly ash* berasal dari pembakaran batu bara, maka perbedaan pada karakteristik *fly ash* ini disebabkan oleh asal batu bara, teknik pembakaran batu bara, kandungan mineral batu bara, metode pengumpulan batu bara, lama waktu penyimpanan batu bara di *stock pile*, dan periode pengambilan sampel batu bara (Ekaputri, 2013).

Aktivator yang digunakan dalam geopolimerisasi dapat berupa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaOH, natrium silikat, kombinasi NaOH dan natrium silikat, kombinasi KOH dan NaOH, KOH, potassium silikat dan kombinasinya, serta natrium karbonat. Faktor terpenting dalam penggunaan aktivator basa ini adalah ion  $[\text{OH}]^-$ . Ion ini dalam sistem *aqueous* dikenal dapat meningkatkan kecepatan reaksi dengan memutuskan ikatan alumina dan silika (Arjunan, *et al.* 2001). Ion  $[\text{OH}]^-$  berperan dalam memutuskan ikatan Si-O-Si, Si-O-Al, Al-O-Al, dan membentuk kelompok Si-OH dan Al-OH. Selanjutnya pada kelompok ini terbentuk gel amorphous aluminosilikat yang merupakan hasil akhir geopolimerisasi. Sedangkan tahap akhir dari pengaktifan dengan larutan alkali, yaitu kristalisasi tidak tercapai dalam proses geopolimerisasi (Fernandez-Jimenez, *et al.* 2005). Hasil akhir berupa bahan cementitious baru berupa



amorphous alkali aluminosilikat mengandung *quartz*, *mullite* dan *maghemite* dalam jumlah kecil, sama seperti yang diperoleh dalam pengaktifan metakaolin (Palomo, *et al.* 1999). Kombinasi larutan alkali yang digunakan (aktivator) menentukan hasil akhir dan kekuatan geopolimer. Penelitian Fernandez-Jimenez, *et al.* (2005) mengenai pengaruh larutan alkali pada hasil akhir geopolimer menunjukkan bahwa kombinasi NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (natrium silikat) menghasilkan material padat hampir tidak berpori dan memiliki ikatan yang kuat antara agregat dan matriks geopolimer. Penambahan natrium silikat telah memperkuat proses polimerisasi bahan ionik dalam sistem geopolimer.

Peneliti (Hardjito & Rangan, 2005), menyebutkan bahwa semakin tinggi konsentrasi (molaritas) dari larutan natrium hidroksida maka dapat menyebabkan kuat tekan beton geopolimer meningkat. Perbandingan ratio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dengan NaOH juga turut menentukan kuat tekan beton geopolimer. Kandungan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang lebih banyak menyebabkan nilai kuat tekan beton geopolimer yang lebih tinggi dibanding dengan kandungan NaOH yang lebih banyak. Selain itu, variasi perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dengan NaOH juga dapat menyebabkan perbedaan pada *setting time* beton geopolimer. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian (Nath & Sarker, 2014), perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dengan NaOH yang semakin banyak menyebabkan *initial* dan *final setting* yang lebih lama. Tetapi, data ini hanya meninjau perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dengan NaOH saja, yaitu dengan menggunakan jumlah cairan alkali yang sama pada setiap geopolimer.

Kekuatan akhir beton geopolimer dipengaruhi oleh beberapa faktor penting, yaitu kepekatan larutan alkali, jenis larutan alkali, metode perawatan, suhu perawatan, waktu pra-perawatan, perbandingan bahan dasar dengan larutan alkali, kandungan air dan komposisi campuran. Kepekatan larutan alkali menentukan kekuatan beton geopolimer karena semakin pekat maka kekuatan beton akan meningkat dalam batas tertentu. Tetapi kepekatan yang sangat tinggi tidak dianjurkan karena beton menjadi tidak ekonomis (Fernandez-Jimenez, *et al.* 1999). Metode perawatan untuk kesempurnaan pembentukan material amorphous aluminosilikat adalah menggunakan suhu tinggi berkisar antar 60-90°C (Hardjito, 2005). Panas akan membantu percepatan reaksi dalam campuran geopolimer sehingga jika kandungan air ditingkatkan secara drastis, maka terjadi kecenderungan pembentukan kristal geopolimer yang besar. Sedangkan penambahan air dalam jumlah yang sedang ternyata tidak secara signifikan mengubah ukuran kristal (van Jaarsveld, *et al.* 2002). Penambahan air akan memperbaiki kemudahan pengerjaan beton tetapi akan menurunkan kuat tekan beton geopolimer (Hardjito, *et al.* 2004b). Waktu pra-perawatan pada suhu ruang sangat ditekankan karena dapat meningkatkan kuat tekan. Waktu pra-perawatan yang dianjurkan sekurang-kurangnya 24 jam (Bakharev, 2005) dan maksimum sekitar 3 hari (Hardjito, *et al.* 2005).

Padatan NaOH (Natrium Hidroksida) dilarutkan sesuai konsentrasi molar yang diinginkan dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (Natrium Silikat) berwujud larutan atau biasa disebut *water glass*. larutan tersebut kemudian dicampur dengan bahan pozzolan yang

disiapkan dalam wadah tersendiri sebelumnya (Abdullah et al, 2013).

Metode pencampuran kering merupakan metode dimana bahan kimia alkali aktivator digiling bersamaan dengan bahan pozzolan dengan komposisi tertentu, sehingga menghasilkan suatu butiran halus mirip semen (semen geopolimer). Semen geopolimer ini cukup ditambahkan air saja dalam aplikasi penggunaanya (Abdul Karim, 2017).

### **2.1.2 SCC (Self Compacting Concrete)**

*Self Compacting Concrete* (SCC) adalah campuran beton yang mempunyai karakteristik dapat memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan alat pemadat (vibrator). SCC dapat memadat ke setiap sudut dari struktur bangunan dan dapat mengisi tinggi permukaan yang diinginkan dengan rata (*self leveling*) tanpa mengalami *bleeding* dan segregasi sehingga dapat meminimalisir adanya air yang masuk ke dalam beton yang dapat menyebabkan karat pada besi tulangan. Gradasi yang tepat dari agregat yang dipakai dan kombinasi dari komposisi material yang dipergunakan, yang memiliki kadar bahan semen yang tinggi adalah hal utama dalam memenuhi syarat-syarat dari SCC (Bernardinus, et al).

Suatu campuran beton dapat dikatakan SCC jika memiliki sifat-sifat sebagai berikut: pada beton segar, harus memiliki tingkat workabilitas yang baik, yaitu: a) *filling-ability*, kemampuan dari campuran beton segar untuk dapat mengisi ruangan tanpa vibrasi; b) *passing-ability*, kemampuan dari campuran beton segar untuk dapat melewati tulangan; c)

*segregation resistance*, campuran beton yang tidak mengalami segregasi; pada beton keras (hardened concrete): a) memiliki tingkat absorpsi dan permeabilitas yang rendah, b) memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, c) mampu membentuk campuran beton yang homogen (Herbudiman, et al).

Kelebihan-kelebihan dalam penggunaan SCC antara lain: a) tidak memerlukan pemadatan dengan menggunakan vibrator, b) tenaga kerja yang diperlukan menjadi lebih sedikit, c) mengurangi kebisingan yang mengganggu lingkungan sekitar, d) pengecoran pada bagian elemen struktur beton yang sulit dipadatkan dengan vibrator menjadi lebih mudah, e) waktu pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat, dan f) meningkatkan durabilitas struktur (Sofyan, et al).

Kekurangan-kekurangan dalam penggunaan SCC antara lain : a) dari segi biaya, SCC lebih mahal dari beton konvensional, b) pembuatan bekisting beton harus sangat diperhatikan karena mudah terjadi kebocoran akibat encernya campuran beton yang dihasilkan. Kelemahan yang paling mendasar dan paling penting untuk diperhatikan adalah beton tidak boleh mengalami segregasi namun tetap harus memenuhi syarat flowabilitas(Ependi, et al).

Untuk membuat campuran SCC yang baik, metode *mix design* yang biasa tidak dapat digunakan. Okamura (1993), mengusulkan metode *mix design* yang sederhana dengan mengacu pada material yang sudah tersedia pada pabrik beton *ready-mix*. Kadar agregat kasar dan halus ditentukan terlebih dahulu dan *self compacting* (pemadatan sendiri) dapat didapatkan dengan mengatur faktor water-per powder dan dosis

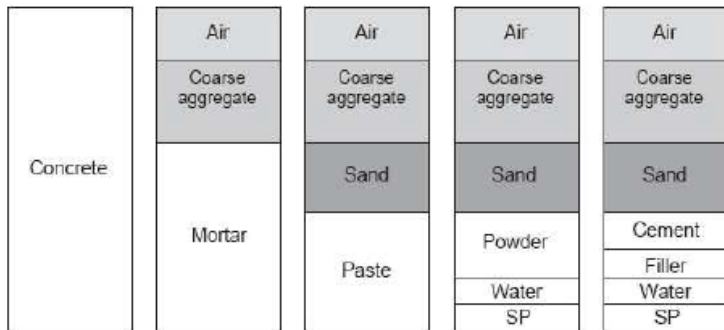
*superplasticizer* saja. Spesifikasinya antara lain: 1) agregat kasar yang digunakan adalah 50% volume solid, agar mortar dapat melewati sela-sela dari agregat kasar yang kurang rapat tersebut, 2) volume agregat halus ditetapkan hanya 40% dari total volume mortar, yang bertujuan mengisi void dari agregat kasar, 3) rasio volume untuk air dan powder yang rendah, dan 4) dosis *superplasticizer* yang tinggi.

Pada beton konvensional, faktor air-semen digunakan untuk mendapatkan kekuatan akhir, sementara pada SCC faktor air-semen digunakan untuk mendapatkan sifat *self compacting* (pemadatan sendiri). Faktor ini sangat mempengaruhi sifat beton segarnya, dan kekuatan hanya sebagai *quality control* (Siregar, et al).

*Mix design* SCC dirancang dan diuji untuk memenuhi kebutuhan proyek. Kemampuannya yang dapat mengalir membuat beton jenis ini dapat dipompa dan dialirkan melalui pipa. Hal ini sangat membantu sekali dalam pekerjaan di proyek terutama ketika hendak mengerjakan struktur dengan elevasi yang tinggi. Selain itu, pencegahan segregasi agregat yang tinggi membuat SCC lebih unggul karena dengan tinggi jatuh mencapai kurang lebih 2 meter beton jenis ini tidak mengalami segregasi. Dalam penelitian ini *mix design* yang digunakan mengacu pada metode mix design Okamura.

Menurut Ardiansyah (2010), pengujian SCC yang penting dan yang paling dikembangkan adalah pengujian *slump flow*, dikarenakan kondisi workabilitas beton dapat terlihat dari sebaran beton segarnya. Selain itu, pengaplikasian di lapangan lebih mudah jika dibandingkan dengan pengujian yang lain.

Atas dasar inilah, penelitian ini hanya akan difokuskan pada pengujian *slump flow*.



**Gambar 2. 1** Komposisi Material Penyusun SCC  
Menurut Brouwers (2005)

*Filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash*. *Fly ash* (abu terbang) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara dan berwarna abu-abu kehitaman. *Fly ash* mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat *pozzolani*.

## 2.2 Material Penyusun

### 2.3.1 Fly Ash

Material *fly ash* dikategorikan dalam material “*pozzolon*” yakni material *siliceous* atau *aluminous* yang didalamnya terdapat sedikit sekali atau tidak sama sekali material *cementious* sebagaimana yang dimiliki Semen Portland. Material *fly ash* dapat saja bereaksi secara kimia dengan cairan alkalin pada temperatur tertentu untuk

membentuk material campuran yang memiliki sifat seperti semen (Manuahe dan Sumajouw, 2014).



**Gambar 2. 2** *Fly Ash*

*Fly ash* merupakan material sisa pembakaran batu bara yang kandungan mineral dan kimia nya dipengaruhi oleh *design properties* pembuatan batu bara dan tipe batu bara (*anthracite*, *bituminous*, *sub-bituminous*, dan *lignite*) (Naik, 1993). Oleh karena itu hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan pada karakteristik *fly ash* (ukuran partikel, nilai pH, & kandungan kimia). Sifat-sifat *fly ash* dari batu bara sangat bergantung dari bahan batu bara yang digunakan dan proses pembakarannya. Oleh karena itu komposisi kimia, ukuran partikel dan sebarannya serta sifat-sifat fisiko-kimia *fly ash* lainnya tidak akan sama walaupun dihasilkan di tempat yang sama. Sifat-sifat fisiko-kimia tersebut mempengaruhi proses geopolimerisasi *fly*

*ash* sehingga geopolimerisasi *fly ash* selama ini bersifat unik dan belum ada pedoman yang bersifat generik untuk menentukan parameter proses yang paling sesuai bagi *fly ash* tersebut. (H. Fansuri et al.)

Selain itu, ukuran partikel *fly ash* juga turut mempengaruhi karakteristik *fly ash*, menurut peneliti (Jamkar, Ghugal, & Patankar, 2013) bahwa semakin meningkatnya *fineness* (semakin halus) *fly ash*, maka semakin meningkat juga *workability* dan *compressive strength* beton geopolimer. Kandungan LOI yang rendah juga dapat mempengaruhi nilai SAI (*strength activity index*). Semakin rendah kandungan LOI maka nilai SAI dari mortar menjadi lebih tinggi.

Nilai pH dari *fly ash* juga turut mempengaruhi karakteristik geopolimer dan *fly ash* sendiri. Berdasarkan hasil penelitian (Wijaya, 2015), bahwa nilai pH yang semakin tinggi mengakibatkan kadar CaO pada *fly ash* dan kuat tekan geopolimer yang semakin tinggi juga.

Penggolongan *abu terbang (fly ash)* pada umumnya dilakukan dengan memperhatikan kadar senyawa kimiawi ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), kadar CaO (*high calcium* dan *low calcium*), dan kadar karbon (*high carbon* dan *low carbon*). Menurut ASTM C618 *abu terbang (fly ash)* dibagi menjadi dua kelas yaitu :



a Abu Terbang (*Fly Ash*) Kelas F



**Gambar 2. 3** *Fly Ash* Kelas F

Abu terbang (*fly ash*) kelas F merupakan abu terbang (*fly ash*) yang diproduksi dari pembakaran batubara *anthracite* atau *bituminous*, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat *cementitious* harus diberi penambahan *quick lime*, *hydrated lime*, atau semen. Abu terbang (*fly ash*) kelas F ini kadar kapurnya rendah ( $\text{CaO} < 10\%$ ).

Abu terbang (*fly ash*) yang mengandung  $\text{CaO}$  lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau *bituminous*. Kadar  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 70\%$ ., kadar  $\text{CaO} < 10\%$  (ASTM 20%, CSA 8%) dan kadar karbon (C) berkisar antara 5% -10%. Abu terbang (*fly ash*) kelas F disebut juga ***low-calcium fly ash***, yang tidak mempunyai sifat *cementitious* dan hanya bersifat pozzolanic.

b Abu Terbang (*Fly Ash*) Kelas C



**Gambar 2. 4** *Fly Ash* Tipe C

Abu terbang (*fly ash*) kelas C disebut juga ***high-calcium fly ash***. Ini dikarenakan mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat *self-cementing* (kemampuan untuk mengeras dan menambah *strength* apabila bereaksi dengan air dengan waktu sekitar 45 menit) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur (Sri Prabandiyani Retno Wardani, 2008). Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 50%, kadar  $\text{CaO}$  > 10% dan kadar karbon (C) sekitar 2%. Abu terbang (*fly ash*) yang mengandung  $\text{CaO}$  di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batubara (batubara muda/*sub-bituminous*) (Wardani, 2008).

Perbedaan utama dari kedua abu tersebut adalah banyaknya calcium, silika, aluminium dan kadar besi di *ash* tersebut. Walaupun kelas F dan kelas C sangat ketat ditandai untuk digunakan abu terbang (*fly ash*) yang memenuhi spesifikasi ASTM C618, namun istilah ini lebih umum

digunakan berdasarkan asal produksi batubara atau kadar CaO. Yang penting diketahui, bahwa tidak semua abu terbang (*fly ash*) dapat memenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali pada aplikasi untuk beton, persyaratan tersebut harus dipenuhi (Wardani, 2008).

Jika dilihat dari hasil tes XRF yang dilakukan oleh Wijaya (2015), maka semakin rendah senyawa  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  pada *fly ash* mengakibatkan semakin tinggi kandungan kalsium (Ca) pada *fly ash* tersebut. Sehingga hal ini membuat *fly ash* kelas C memiliki kandungan kalsium yang lebih tinggi daripada *fly ash* kelas F dan kelas N. Menurut peneliti (Diaz, Allouche, & Eklund, 2010), menyebutkan bahwa kadar kalsium yang semakin tinggi menyebabkan kenaikan *compressive strength* pada geopolimer, tetapi menyebabkan *setting* yang lebih cepat sehingga membuat *workability* mortar menjadi rendah.

Konsumsi batu bara di Indonesia mencapai 36 juta ton yang umumnya digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan menghasilkan sekitar 11.5 juta ton *abu layang* pada tahun 2004 (Badan Pusat Statistik, 2004). Sejauh ini, pengguna utama abu layang yang diproduksi oleh PLTU adalah pabrik semen, yaitu sebagai bahan baku pada pembuatan PC. Selain itu, belum banyak pemanfaatan lainnya sehingga umumnya sisa abu layang yang tidak diserap oleh pabrik semen dibiarkan menumpuk sebagai limbah.

### 2.2.1 Sodium Hidroksida (NaOH)

NaOH merupakan salah satu jenis alkali hidroksida yang digunakan dalam suatu bahan pengikat geopolimer. Selain NaOH terdapat Kalsium Hidroksida (KOH). Namun, NaOH lebih banyak dipilih karena lebih murah harga nya. Natrium hidroksida biasa dikomersilkan dalam bentuk flake (padat) dengan tingkat asai 97-99% (Criado; Jimenez dan Palomo, 2010).



(a)



(b)

**Gambar 2. 5** NaOH Flake (a); NaOH Larutan dengan Konsentrasi tertentu (b)

Menariknya KOH yang memiliki alkalinitas lebih tinggi dibandingkan dengan NaOH tampaknya memiliki kemampuan mengikat kurang baik. Namun dalam kenyataannya, NaOH lebih mampu membuat monomer silikat dan aluminat. (Sajjad, Bing Chen dan Syed Taseer, 2017). Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Fly ash dan sodium hidroksida membentuk ikatan kurang kuat namun ikatan lebih padat dan terjadi retakan antar mikrostruktur (Hardjito dan

Rangan, 2005). Semakin besar rasio perbandingan Si/Al, maka karakter polimer semakin terbentuk kuat. (Wallah, 2006). Senyawa inilah yang digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam beton.

Material tersebut sangat bersifat higroskopis, apabila NaOH dibiarkan terbuka dan terkontak langsung dengan udara, maka NaOH akan menyerap air yang terkandung di udara dan membuatnya seperti meleleh (Caustic Soda, JSIA, 2006).

### 2.2.2 Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )



**Gambar 2. 6**  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dalam Bentuk Larutan atau disebut *Water Glass* (a);  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dalam Bentuk Flake (b)

Sodium silikat adalah nama umum dari sodium metasilikat. Nama dagang yang biasanya dipakai untuk sodium silikat ini adalah *water glass* atau *liquid glass*. Sodium silikat tersedia di pasaran dalam bentuk cairan maupun dalam bentuk padatan. Beberapa contoh aplikasi penggunaan sodium silikat adalah industri pengolahan air, pemucat dan penyesuai ukuran pada tekstil dan industri kertas, pengelolah biji, memadatkan tanah, pembentuk gelas, pengeboran, pigmen, pengikat pada

roda ampelas/abrasi, pengecoran logam dan cetakan, zat tahan air pada mortar dan semen, pelapis peralatan kimia, meningkatkan ketahanan terhadap minyak, katalisator, bahan baku untuk silika gel, industri sabun dan deterjen, perekat (terutama untuk segel dan kertas laminating pada papan container), deflokuland pada industri keramik.

$\text{Na}_2\text{SiO}_3$  biasanya dikomersilkan dalam wujud cair atau larutan atau biasa disebut *Water glass*s. Alkali Silikat harus dikombinasikan dengan alkali hidroksida, dikarenakan sifat reaksinya yang perlahan, sehingga kekuatan bahan pengikat geopolimer menjadi lebih rendah (Criado et al, 2010; palomo et al 1999). Begitu juga sebaliknya, apabila larutan hidroksida saja yang digunakan, maka mutu yang dicapai lebih rendah jika dibandingkan dengan kombinasi keduanya yang dapat mencapai mutu kuat tekan 40 – 90 MPa (Nez dan Palomo, 2003; Fernandez, Jimenez dan Palomo, 2005).

*Fly ash* dan sodium silikat membentuk ikatan yang sangat kuat namun terjadi retakan antar mikrostruktur. Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Fly ash dan sodium hidroksida membentuk ikatan kurang kuat namun ikatan lebih padat dan terjadi retakan antar mikrostruktur (Hardjito dan Rangan, 2005)

### 2.2.3 Agregat



(a)



(b)

**Gambar 2. 7** Agregat Kasar (a); Agregat Halus (b)

Agregat terdiri dari batu pecah (agregat kasar) dan pasir (agregat halus), Agregat merupakan bahan yang sangat penting terhadap Keawetan (durability), Kekuatan (strength), susut dan rangkai, berat jenis, modulus elastisitas, dan nilai ekonomis pada beton. Kandungan agregat dalam beton sangatlah besar berkisar antara 60-80%, oleh karena itu peranan agregat harus mendapat perhatian besar, misalkan mengenai bentuk, grading, surface, tekstur, mineralogi, dan kekerasannya (Subakti, 2012). Menurut SNI 03-6468-2000, Agregat halus dalam campuran beton mutu tinggi disarankan memiliki modulus kehalusan (FM) butiran berkisar 2,5 hingga 3,2 dan untuk agregat kasar ukuran maksimum yang disarankan untuk beton berkekuatan dibawah 62,1 Mpa ialah 20 mm sampai 25 mm.

Menurut Tjokrodinuljo (2007) Agregat yang dipakai dalam pembuatan beton harus bersih dari kotoran karena berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Kandungan lumpur yang lebih dari 2,5% pada agregat halus maka harus dicuci terlebih dahulu. Pada agregat kasar kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 1%. Pemilihan agregat yang digunakan dalam

pencampuran beton dalam keadaan jenuh kering muka. Hal ini disebabkan karena keadaan jenuh kering muka merupakan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya, selain itu kadar air di lapangan lebih banyak yang mendekati keadaan SSD daripada yang kering tungku.

#### 2.2.4 Air



**Gambar 2. 8** Air Bersih Non Aquades

Air merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton yang memiliki harga paling murah diantara bahan yang lain. Penggunaan air yang terlalu banyak mengakibatkan penurunan kuat tekan beton. Hal ini disebabkan karena pada saat beton sudah kering ruang yang diisi oleh air akan membentuk pori sehingga beton menjadi berpori dan berdampak pada kuat tekan beton

Dalam pembuatan beton, air berperan untuk memicu proses kimiawi beton, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Sedangkan dalam



perawatan beton, air berperan dalam mencegah pengeringan yang menyebabkan kehilangan air yang dibutuhkan untuk proses pengerasan beton atau mengurangi kebutuhan air selama proses hidrasi semen (Subakti, 2012).

Menurut PBI 1971, Persyaratan Pemakaian air untuk campuran beton, yaitu: tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/lit, tidak mengandung mineral yang dapat merusak beton, tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lit, dan tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lit.

## **2.3 Pengujian pada Material Penyusun Beton Geopolimer**

### **2.3.1 XRF (X-Ray Fluorescences)**

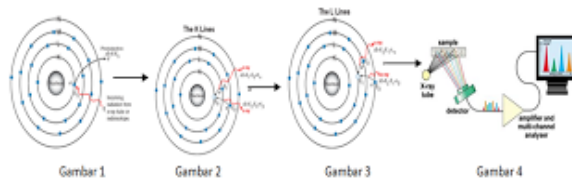
XRF adalah metode analisis untuk menentukan komposisi kimia dari semua jenis bahan. Bahan - bahan yang dapat di padat, cairan, bubuk disaring atau bentuk lain. XRF dapat juga kadang kadang digunakan untuk menentukan ketebalan dan komposisi lapisan dan lapisan. Presisi dan reproduktifitas XRF analisis yang sangat tinggi. Hasil yang sangat akurat mungkin ketika ketentuan standar yang baik tersedia, tetapi juga dalam aplikasi dimana standar tertentu tidak dapat ditemukan. (Theory of XRF, 2003).

Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Karena metode ini cepat dan tidak merusak sampel, metode ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk kontrol material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar X

tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energy yang tinggi. Apabila terjadi eksitasi sinar X primer yang berasal dari tabung X ray atau sumber radioaktif mengenai sampel, sinar X dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material.

XRF bertujuan untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan unsur suatu material (Karyasa, 2013). Pada penelitian geopolimer pengujian ini digunakan untuk menguji material *fly ash*. Untuk geopolimer berbasis *fly ash*, hasil pengujian XRF nya digunakan untuk menentukan tipe Fly Ash *Low Calcium* atau *High Calcium* dan Tipe C atau Tipe F.

Proses dimana sinar X diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energinya pada electron yang terdapat pada kulit yang lebih dalam disebut efek fotolistrik. Selama proses ini, bila sinar X primer memiliki cukup energi, elektron pindah dari kulit yang di dalam menimbulkan kekosongan. Kekosongan ini menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil. Apabila atom kembali pada keadaan stabil, elektron dari kulit luar pindah ke kulit yang lebih dalam dan proses ini menghasilkan energi sinar X yang tertentu dan berbeda antara dua energi ikatan pada kulit tersebut. Emisi sinar X dihasilkan dari proses yang disebut X Ray Fluorescence (XRF). Proses deteksi dan analisa emisi sinar X disebut analisa XRF. Pada umumnya kulit K dan L terlibat pada deteksi XRF. Jenis spektrum X ray dari sampel yang diradiasi akan menggambarkan puncak-puncak pada intensitas yang berbeda (T.D., 2009).



**Gambar 2. 9** Cara Kerja Uji XRF

### 2.3.2 XRD (X-Ray Diffractometry)

XRD adalah teknik yang berguna untuk identifikasi langsung fase kristal yang ada di semen (Klug dan Alexander 1974). Teknik XRD digunakan untuk mengevaluasi setiap fase semen atau klinker untuk memprediksi kinerja semen Portland. Kinerja semen Portland dalam hal pengaturan, panas hidrasi, kekuatan, dan ketahanan terhadap serangan sulfat umumnya bergantung pada komposisinya seperti fase dan proporsinya (Struble 1991).

Aldridge (1982b) menyatakan bahwa metode analisis XRD saat ini pada umumnya kurang memuaskan untuk menganalisis semen. XRD bagaimanapun, adalah satu-satunya metode analisis yang secara langsung dapat menentukan jumlah senyawa yang ada dalam semen. Akhirnya, ia menyimpulkan bahwa saat ini tidak ada metode penentuan komposisi semen secara akurat. Aldridge (1982a) juga menyebutkan bahwa metode analisis XRD sekarang tidak bisa memberikan perkiraan komposisi absolut yang akurat, namun bisa memberi yang mendekati komposisi dalam kelompok semen dengan akurasi yang wajar.

XRD bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineral maupun senyawa, seperti : Quartz, Mulite, Kaolinit dan mineral lainnya. Mineral Quartz dan Mulite merupakan mineral yang banyak ditemukan dalam Fly Ash Tipe F (Abdullah et al, 2013). Sementara dalam Tipe C mengandung : Quartz, Periclase, Anyhydrite, lime C3A dan C4A<sub>3</sub>S (Tishmack, 1999).

### **2.3.3 SEM-EDX (Scanning Electron Microscope)**

Mengetahui karakterisasi material yang heterogen pada permukaan bahan pada skala mikrometer dan submikrometer dengan menggunakan satu perangkat alat SEM yang dirangkaikan dengan EDX. Pada SEM dapat diamati karakteristik bentuk, struktur, serta distribusi pori pada permukaan bahan, sedangkan komposisi serta kadar unsur yang terkandung dalam sampel dapat dianalisis dengan menggunakan EDX. Dalam pengukuran SEM-EDX, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area.

Pada EDX analisis kualitatif dilakukan dengan cara menentukan energi dari puncak yang ada dalam spektrum dan membandingkan dengan tabel energi emisi sinar-x dari unsur-unsur yang sudah diketahui. (Larry, 2001). Dalam pengukuran SEM-EDX, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area dan terjadi interaksi interaksi pada sampel yang disinari. Interaksi berupa Energi pancaran elektron dalam bentuk sinar X akan dideteksi dan dihitung oleh energy-dispersive spectrometer (EDX) dan akan dihasilkan keluaran berupa grafik puncak–puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung (Junhao Zhang dkk, 2007 ) dan hasil analisa sinar-X yang diemisikan oleh material tersebut sebagai respon terhadap tumbukan dari partikel bermuatan. Selanjutnya akan

terdeteksi dan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM dan dalam bentuk grafik oleh analisis EDX (Prasetyo, 2011).

#### **2.3.4 PSD (Particle Size Distribution)**

PSD bertujuan untuk mengetahui sebaran butiran suatu material dengan ukuran butiran dari yang berukuran 0,02 – 2000  $\mu\text{m}$  menggunakan teori Franhofer yaitu prinsip *laser light scattering* (Halder, 2013). Ini bergantung pada analisis cahaya terdifraksi yang dihasilkan saat sinar laser melewati dispersi partikel di udara atau cairan. Sudut difraksi meningkat saat ukuran partikel menurun, sehingga metode ini sangat baik untuk mengukur ukuran antara 0,1 dan 3, 000  $\mu\text{m}$ .

Kemajuan dalam pengolahan data dan otomasi yang canggih memungkinkan ini menjadi metode dominan yang digunakan dalam penentuan PSD industri. Teknik ini relatif cepat dan bisa dilakukan pada sampel yang sangat kecil. Keuntungan tertentu adalah teknik tersebut dapat menghasilkan pengukuran terus menerus untuk menganalisis aliran proses. Difraksi laser mengukur distribusi ukuran partikel dengan mengukur variasi sudut dalam intensitas cahaya yang berserakan karena sinar laser melewati sampel partikulat terdispersi. Partikel besar menghamburkan cahaya pada sudut kecil relatif terhadap sinar laser dan partikel kecil menyebarkan cahaya pada sudut yang besar, seperti yang digambarkan di bawah ini. Data intensitas hamburan angular kemudian dianalisis untuk menghitung ukuran partikel yang bertanggung jawab untuk menciptakan pola hamburan, dengan

menggunakan teori tentang hamburan cahaya. Ukuran partikel dilaporkan sebagai diameter bola ekuivalen volume.

Telah diketahui dengan jelas bahwa distribusi ukuran partikel semen tidak hanya mempengaruhi pada proses penggilingan, tapi juga pada sifat semen segar pasta dan beton. Dalam penelitian (Feret, 1986) mempelajari pengaruh distribusi ukuran partikel pada sifat-sifat beton dari partikel, dan diketahui bahwa untuk mendapatkan kualitas beton mutu tinggi, harus ada distribusi yang cocok sesuai dengan ukuran partikel yang berbeda untuk mencapai kepadatan maksimum. (Frigione dan Marra, 1976) mempelajari masalah hidrasi semen, dan meletakkan sudut pandang bahwa semakin sempit ukuran partikel distribusi semen, semakin cepat hidrasi semen.

### **2.3.5 Massa Jenis**

Massa jenis (*density*) suatu zat adalah kuantitas konsentrasi zat dan dinyatakan dalam massa persatuan volume. Nilai massa jenis suatu zat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur, kerapatan suatu zat semakin rendah karena molekul molekul yang saling berikatan akan terlepas. Kenaikan temperatur menyebabkan volume suatu zat bertambah, sehingga massa jenis dan volume suatu zat memiliki hubungan yang berbanding terbalik.

Menurut Giancoli (1998), kerapatan dapat diartikan sebagai ukuran atau jarak antara partikel-partikel didalam suatu zat. Kerapatan didalam fluida yang dilambangkan dengan  $\rho$  ( $\rho$ ) didefinisikan sebagai massa jenis yang diartikan massa fluida per satuan volume. Massa jenis fluida biasa digunakan

untuk mengkarakteristikan massa sebuah sistem fluida. Dalam sistem BG,  $\rho$  mempunyai satuan slugs/ft<sup>3</sup> dan dalam satuan SI adalah kg/m<sup>3</sup>.

### 2.3.6 Berat Jenis

Berat jenis (*specific gravity*) adalah perbandingan berat dari suatu volume bahan pada suatu temperatur terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur tersebut (O.H Kaseke, 2013). Berat jenis sering juga disebut *specific gravity*, dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara berat isi butir dengan berat isi air. Nilai daripada berat isi butir adalah perbandingan antara berat butir dengan volumenya. Sedangkan berat isi air adalah perbandingan antara berat air dengan volume airnya, biasanya mendekati nilai 1 g/cm<sup>3</sup>. Jika terdapat keadaan dimana volume butiran sama dengan volume air, maka dengan demikian berat jenis dapat diambil sebagai perbandingan, diukur pada suhu tertentu, antara berat butir dengan berat air suling (M Das, Braja.1993).

## 2.4 Standar Acuan Uji Material

Sebelum pembuatan *mix design* beton maka perlu dilakukan pengujian material. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik material dan proporsi optimal dalam pembuatan beton. Berikut adalah standar acuan uji material yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 2. 1** Standar Acuan Pengujian Material

Jenis Pengujian	Standar Acuan
Waktu ikat awal semen	ASTM C 191-04

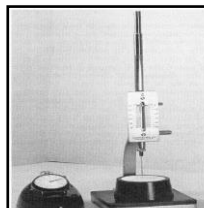
Berat jenis agregat kasar	ASTM C 127-01
Berat jenis agregat halus	ASTM C 128-93
Kelembaban agregat kasar dan halus	ASTM C 566-71
Kadar air resapan agregat halus	ASTM C 128
Kadar air resapan agregat kasar	ASTM C 127

## 2.5 Pengujian pada pasta, mortar dan beton

### 2.6.1 Waktu Ikut (*Setting Time*)

Pengujian waktu ikat dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengikatan awal dan akhir bahan pengikat dan dapat pula digunakan untuk bahan pengikat (pasta). Standar proses pengujian waktu ikat mengacu pada ASTM C191. Waktu ikat awal adalah waktu yang diperlukan oleh pasta semen untuk mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat, biasanya ditandai dengan penurunan penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm. Sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu dimana penetrasi jarum vicat tidak terlihat secara visual atau bacaan jarum masih menunjukkan tetap diangka 50 mm.

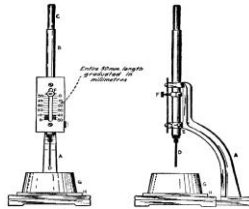
Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat mengacu pada (ASTM C 191-01a, 2002).



**Gambar 2. 10** Vicat Apparatus



Sumber : Anusavice KJ. Philips Science Of  
Dental Material 11th Ed, 2003; hal 262



**Gambar 2. 11** Bagian-bagian Vicat Apparatus

Sumber : American Association Sate. Standard Test  
Method for Time of Setting of hydraulic Cement by Vicat Needle,  
2001; hal 03

Alat vicat harus terdiri dari rangka A yang mempunyai batang B yang dapat digerakkan, beratnya 300 gram, salah satu ujung torak C berdiameter 10 mm, berjarak sekurang-kurangnya 50 mm, dan ujung lainnya jarum D yang dapat dibongkar pasang berdiameter 1 mm dan panjang 50 mm. Batang B dapat dipergunakan secara bolak balik dan dapat dipasang dalam beberapa posisi dengan pengatur sekrup E dan mempunyai indikator F yang dapat diatur, dapat bergerak pada skala (ditunjukkan dalam mm) yang skalanya dilekatkan pada rangka A. Pasta semen yang akan diuji dimasukkan ke dalam cincin G, yang kaku berbentuk kerucut, diletakkan di atas pelat datar H yang tidak menyerap air, lebar masing-masing sisinya  $\pm 100$  mm. Batang B terbuat dari baja tahan karat mempunyai kekerasan tidak kurang dari 35 HRC dan harus lurus dengan ujung torak yang tegak lurus terhadap sumbu batang B. Cincin terbuat dari bahan tidak korosi, tidak menyerap air mempunyai

diameter dalam bagian bawah 70 mm dan bagian atas 60 mm dengan tinggi 40 mm.

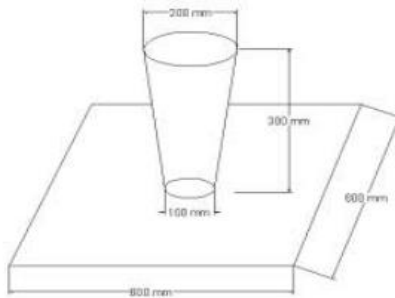
Disamping ketentuan tersebut diatas, alat vicat harus sesuai dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Berat batang yang dapat bergerak (B)  $(300 \pm 0,5)$  gram.
- 2) Diameter ujung batang torak (C)  $(10 \pm 0,05)$  mm.
- 3) Diameter jarum  $(1 \pm 0,005)$  mm.
- 4) Diameter dalam cincin bagian bawah  $(70 \pm 3)$  mm.
- 5) Diameter dalam cincin bagian atas  $(60 \pm 3)$  mm.
- 6) Tinggi cincin  $(40 \pm 1)$  mm.
- 7) Pembagian skala

Pembagian skala, bila dibandingkan dengan skala standar yang ketelitiannya 0,1 mm pada setiap titik, tidak boleh menunjukkan penyimpangan lebih besar dari 0,25 mm.

### **2.6.2 Pengujian Beton Segar**

Dalam penelitian ini pengujian beton segar menggunakan slump cone. Pengujian *Slump Cone* berbeda dengan pengujian *Slump* yang digunakan pada beton konvensional, pada pengujian *Slump Cone* ini alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil diletakkan dibawah dan diameter yang besar terletak diatas. Alat uji *Slump Cone* dapat dilihat pada gambar 2.12



**Gambar 2. 12** *Slump Cone*

Pengujian dengan *Slump Cone* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (*Filling ability*). Hal ini dapat dilihat dari diameter lingkaran campuran beton untuk mengukur *Fillingability* dari campuran beton. Metode pengujian dengan *Slump Cone* merupakan metode yang simple, cepat dan mudah untuk dilakukan di lapangan. Metode pengujian *Slump Cone* ini tidak dapat mengindikasikan kemampuan beton untuk menahan *segregasi*. Pengujian *Slump Cone* sangat menguntungkan untuk menjaga konsistensi campuran beton yang direncanakan dan dibuat.

Di dalam pengujian dengan menggunakan *slump cone*, terdapat suatu batasan–batasan dimana kategori SCC dikatakan masuk dalam syarat *Fillingability* yang baik. Batasan dalam alat uji *Slump Cone*, campuran beton dikategorikan SCC harus mampu mencapai diameter 50 cm dalam waktu kurang dari 6 detik dan apabila melebihi dari 6 detik maka beton tersebut

bukan kategori SCC. (Setiawan, A., *Self Compacting Concrete: Fenomena Baru Dunia Teknologi Beton*, 2001)

### 2.6.3 Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton (*compressive strength*) bertujuan untuk menentukan nilai beban yang diterima oleh beton disaat mulai mengalami kerusakan atau retak. Pengujian ini menggunakan mesin tekan dengan satuan beban per luasan. Beton yang akan diuji nilai kuat tekannya harus sudah *dicuring* terlebih dahulu agar kelembapan beton tetap terjaga. (M. Farhan, 2017). Hasil uji berupa satuan gaya per luasan.



**Gambar 2. 13** Mesin Uji Kuat Tekan Beton

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dengan :

$f'c$  = Kuat tekan beton (Mpa)

$P$  = Gaya tekan pada beton (N)

$A$  = Luas penampang silinder ( $\text{mm}^2$ )

Berdasarkan SNI 03-1974-1990 prosedur pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut :

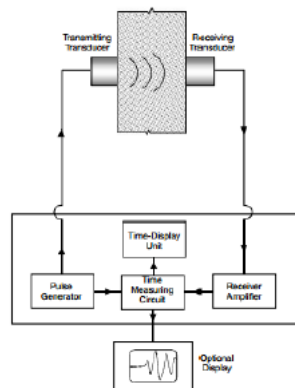
- a. Pengangkatan benda uji dari perawatan benda uji.
- b. Menentukan berat dan ukuran benda uji.
- c. Melapisi permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang.
- d. Meletakkan benda uji pada mesin uji kuat tekan secara sentris.
- e. Menjalankan mesin tekan.
- f. Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi.

#### **2.6.4 UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*)**

*Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)* adalah cara untuk memperkirakan kekerasan beton yang didasarkan pada hubungan kecepatan gelombang UPV melalui media beton dengan kekuatan tekan beton itu. (*International Atomic Energy Agency*, 2002). *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)* merupakan salah satu metode *Non Destructive Test*.

Cara kerja Pundit yaitu dengan memberikan getaran gelombang longitudinal lewat transducer elektro – akustik,

melalui cairan perangkai yang berwujud gemuk atau sejenis gel, yang dioleskan pada permukaan beton sebelum *test* dimulai, cairan ini berfungsi untuk menutup udara dari luar diantara permukaan transducer dengan permukaan beton yang di uji. Saat gelombang merambat dalam medium berbeda, yaitu gel dan beton, pada batas beton dan gel akan terjadi pantulan gelombang yang merambat dalam bentuk gelombang transversal dan longitudinal. Gelombang transversal merambat tegak lurus lintasan, dan gelombang longitudinal merambat sejajar lintasan. Pertama kali yang mencapai transducer penerima adalah gelombang longitudinal. Oleh transducer, gelombang ini diubah menjadi sinyal gelombang elektronik yang dapat dideteksi oleh transducer penerima, sehingga waktu tempuh gelombang dapat diukur.



**Gambar 2. 14** Diagram Alir UPV

Waktu tempuh  $T$  yang dibutuhkan untuk merambatkan gelombang pada lintasan beton sepanjang  $L$  dapat diukur,

sehingga kecepatan gelombang dapat dicari dengan rumus (Lawson dkk, 2011).

$$V = \frac{L}{T}$$

Dengan:

$V$  = Kecepatan gelombang longitudinal (km/detik atau m/detik).

$L$  = Panjang lintasan beton yang dilewati (km, m).

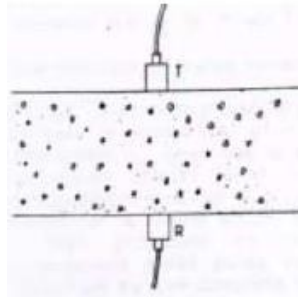
$T$  = Waktu tempuh gelombang longitudinal ultasonik.

Metode uji ultrasonic memiliki beberapa fungsi lain selain memperkirakan mutu beton (International Atomic Energy Agency, 2002), yaitu:

- a. Mengetahui keseragaman kualitas beton.
- b. Mendeteksi kedalaman retak beton.
- c. Honeycomb atau void atau kerusakan lain pada beton
- d. Modulus elastis beton.
- e. Mengetahui kualitas beton setelah umur beberapa tahun.
- f. Mengetahui kekuatan tekan beton.

#### 2.6.4.1 UPV Metode *Indirect*

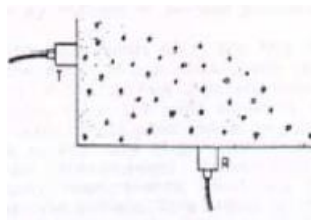
Metode (*Direct Transmision*) yaitu dimana pengukuran dilakukan dengan cara *receiver transducer* dan *transmitter transducer* diletakan saling berhadapan.



**Gambar 2. 15** UPV Metode *Indirect*

#### 2.6.4.2 UPV Metode *Semi Direct*

Metode semi langsung (*Semi Direct*) yaitu dimana *receiver transducer* dan *transmitter transducer* diletakkan pada posisi axial, satu bidang tegak lurus dan satu bidang mendatar.

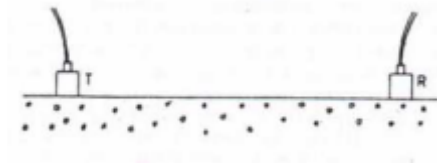


**Gambar 2. 16** UPV Metode *Semi Direct*

#### 2.6.4.3 UPV Metode *Indirect*

Metode tidak langsung (*Indirect*) yaitu dimana receiver transducer dan transmitter receiver diletakkan dalam satu bidang datar.





**Gambar 2. 17** UPV Metode *Indirect*

Kecepatan gelombang ultrasonik dipengaruhi oleh kekakuan elastis dan kekuatan beton. Pada beton yang pemadatannya kurang baik, atau mengalami kerusakan butiran material, gelombang UPV akan mengalami penurunan kecepatan. Perubahan kekuatan beton pada tes UPV ditunjukkan dengan perbedaan kecepatan gelombangnya jika turun, adalah tanda bahwa beton mengalami penurunan kekuatan, sebaliknya jika kecepatannya naik, adalah tanda bahwa kekuatan beton meningkat (Hamidian dkk, 2012).

**Tabel 2. 2** Klasifikasi Kualitas Beton Berdasarkan Kecepatan Gelombang

<b>Pulse Velocity (km/det)</b>	<b>Result</b>
< 2,0	Kurang
2,0 – 3,0	Cukup
3,0 – 3,5	Cukup Bagus
3,5 – 4,5	Bagus
> 4,5	Sangat Bagus

(Sumber: *International Atomic Energy Agency*, 2002 : 110)

## 2.6 Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian ini penulis memaparkan penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti tentang optimalisasi waktu ikat dan kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan metode pencampuran kering.

Karim (2017) dalam tugas akhirnya yang berjudul “Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash*” memaparkan hasil pengujian kuat tekan pasta geopolimer yang terbaik ialah V2 mencapai 422, Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 14 hari. Sedangkan untuk waktu ikat semen geopolimer V2 ialah dengan waktu 150 menit. Serta pengujian kuat tekan beton dengan nilai 140,67 Kg/cm<sup>2</sup> atau 14 MPa pada umur 28 hari dengan benda uji kubus 5x5x5 cm. Jika diklasifikasikan, maka beton tersebut termasuk dalam mutu Non-struktur.

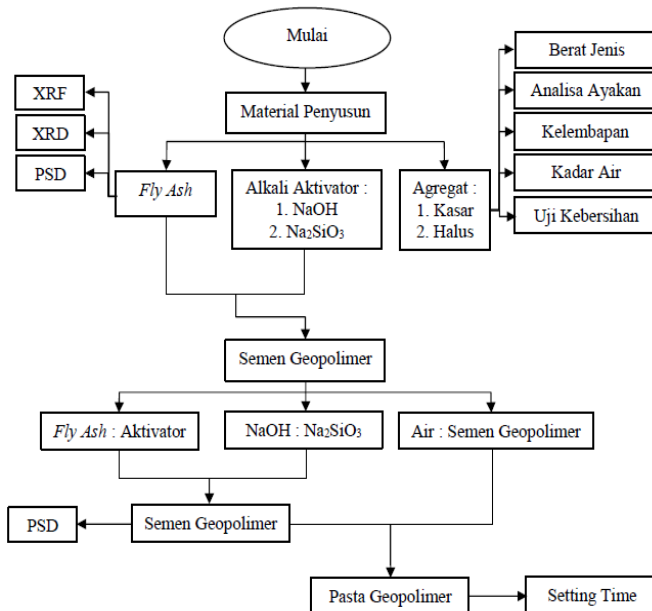
Untuk proporsi campuran dari V2 ialah 20% semen geopolimer dan 80% agregat. Sedangkan untuk proporsi semen geopolimer ialah 82,5% *fly ash* tipe C dan 17,5% alkali aktivator. Untuk alkali aktivatornya memiliki komposisi berbandingan berat antara NaOH dengan N<sub>2</sub> ialah 1:2,5. Dari penelitian tersebut menuliskan salah satu saran untuk dilakukan uji kuat tekan mortar umur 3, 7, dan 28 hari.

Dari penelitian yang sudah dilakukan tersebut penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki performa beton geopolimer menjadi lebih bagus, dapat dilakukan dalam skala besar serta dapat diaplikasikan secara luas dan mudah.

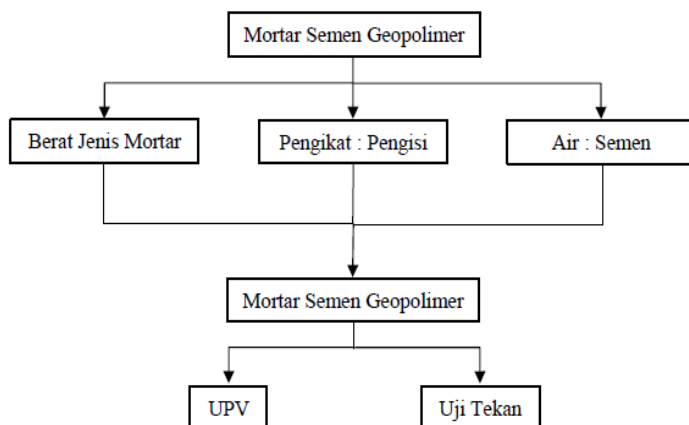
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

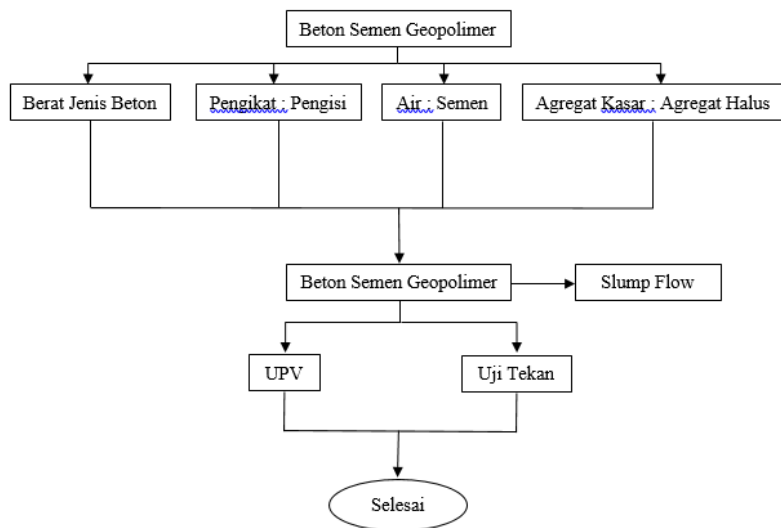
Tahapan pelaksanaan penelitian sangat penting dan diperlukan dalam sebuah penelitian agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah sehingga hasil yang didapatkan lebih optimum. Adapun tahapan pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan dalam proposal penelitian tugas akhir ini dilampirkan dalam bagan seperti pada gambar 3.1-3.3 adalah sebagai berikut:



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian 1



**Gambar 3. 2** Diagram Alir Peneltian 2



**Gambar 3. 3** Diagram Alir Peneltian 3

## 3.2 Detail Metodologi Pelaksanaan Penelitian

### 3.2.1 Pengumpulan Material Penyusun

Sebelum pengujian material kita harus mempersiapkan material yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Dalam pengumpulan material ini ada beberapa tahap salah satunya adalah material semen geopolimer kering. Semen geopolimer kering tersebut diperoleh dengan cara menghaluskan NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang dicampur bersama *fly ash* dengan menggunakan mesin *los ageles*. Kemudian selanjutnya semen geopolimer dicampur bersama pasir menjadi mortar. Setelah itu yang terakhir semen geopolimer dicampur bersama pasir dan kerikil menjadi beton.

### 3.2.2 Pengujian Material Penyusun

Setelah material terkumpul maka selanjutnya dilakukan pengujian material penyusun. Pengujian material ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik material serta mengetahui proporsi optimum untuk pembuatan beton. Berikut adalah pengujian material yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

#### 3.2.2.1 XRF (X-Ray Fluorescences)

XRF adalah metode analisis untuk menentukan komposisi kimia dari semua jenis bahan. Bahan - bahan yang dapat di padat, cairan, bubuk disaring atau bentuk lain. XRF dapat juga kadang kadang digunakan untuk menentukan ketebalan dan komposisi lapisan dan lapisan. Presisi dan reproduktifitas XRF analisis yang sangat tinggi. Hasil yang sangat akurat mungkin ketika

ketentuan standar yang baik tersedia, tetapi juga dalam aplikasi dimana standar tertentu tidak dapat ditemukan. (Theory of XRF, 2003). XRF bertujuan untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan unsur suatu material (Karayasa, 2013).

#### 3.2.2.2 XRD (X-Ray Diffractometry)

XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal Teknik X-Ray Diffraction (XRD) berperan penting dalam proses analisis padatan kristal maupun amorf. XRD adalah metode karakterisasi lapisan yang digunakan untuk mengetahui senyawa kristal yang terbentuk (Yuni Dwi, 2012). XRD bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineral maupun senyawa, seperti : Quartz, Mulite, Kaolinit dan mineral lainnya.

#### 3.2.2.3 LOI (Loss on Ignition)

LOI merupakan suatu metode pengujian yang bertujuan untuk mengestimasi kandungan karbon yang tidak terbakar dalam suatu material salah satunya Fly Ash. Fly Ash (Tipe C atau F) untuk beton memiliki standar LOI maksimum 6% (Abdul Karim, 2017).

#### 3.2.2.4 PSD (Particle Size Distribution)

PSD bertujuan untuk mengetahui sebaran butiran suatu material dengan ukuran butiran dari yang berukuran 0,02 – 2000  $\mu\text{m}$  menggunakan teori

Franhofer yaitu prinsip *laser light scattering* (Halder, 213).

### 3.2.3 Pembuatan dan Pengujian Semen Geopolimer

#### 3.2.3.1 Pengumpulan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan ialah bahan penyusun kecuali agregat yang seperti yang telah disebutkan pada sub-bab 3.2.1 beserta spesifikasinya.

#### 3.2.3.2 Persiapan Variabel (Komposisi Campuran)

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini untuk komposisi campuran semen geopolimer ini ialah seperti pada berikut :

**Tabel 3. 1** Variabel Komposisi Campuran Semen Geopolimer

Variabel	<i>Fly Ash</i> : Alkali	NaOH : Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O
V1	80 : 20	1 : 2.5
V2	80 : 20	1 : 2
V3	80 : 20	1 : 1
V4	80 : 20	2 : 1

#### 3.2.3.3 Pembuatan dengan Proses Penggilingan (Mesin Los Angeles)

Mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter dalam 711 mm (288 inci) panjang dalam 508 (20 inci). Silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar

pada poros mendatar, silinder berlubang untuk memasukkan benda uji, penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5 inci). Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 cm (1 27/32 inci) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 455 gram dan jumlah bola baja sebanyak 12 biji.



(a)



(b)

**Gambar 3. 4** Wujud Mesin Los Angeles dan Tampak Luar Mesin (a); Tampak Dalam Mesin (b)

Langkah – langkah pembuatan semen geopolimer skala lab dengan menggunakan mesin los angeles :

1. Menyiapkan bahan (*fly ash*, NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dengan jumlah total sebesar 5 kg.





**Gambar 3. 5** Menyiapkan Material Penyusun Semen Geopolimer dengan Massa 5 kg

2. Memasukkan bola baja sebanyak 12 biji ke dalam mesin los angeles



**Gambar 3. 6** Memasukkan Bola Baja ke Dalam Mesin Los Angeles

3. Memasukan material penyusun semen geopolimer ke dalam mesin los angeles dengan urutan  $\frac{1}{2}$  fly ash → Aktivator →  $\frac{1}{2}$  fly ash. Hal tersebut bertujuan agar aktivator terselimuti oleh fly ash sehingga aktivator tidak terhidroskopis secara langsung

terkontak dengan bola baja, dinding besi dan udara luar.



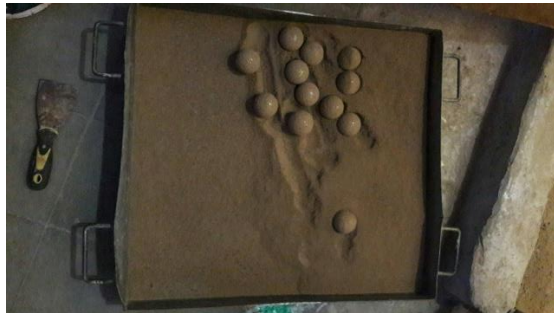
**Gambar 3. 7** Memasukan Bahan Penyusun Semen Geopolimer ke dalam Mesin Los Angeles

4. Menutup dan menjalankan mesin los angeles selama 18 menit 48 detik atau dengan 500 kali putaran.



**Gambar 3. 8** Menutup dan Menjalankan Mesin Los Angeles

5. Membuka tutup dan mengeluarkan semen geopolimer dari dalam mesin los angeles.



**Gambar 3. 9** Mengeluarkan Semen Geopolimer dari dalam Mesin *Los Angeles*

6. Mengemasi dan menimbang masa semen geopolimer setelah digiling dengan menggunakan mesi los angeles.



**Gambar 3. 10** Mengemasi dan Menimbang Semen Geopolimer setelah Digiling

7. Membersihkan mesin los angeles dengan pasir silika



**Gambar 3. 11** Pasir Silika yang digunakan untuk Membersihkan Mesin Los Angeles

8. Untuk pembuatan selanjutnya, ulangi langkah 1 – 7.

#### 3.2.3.4 Pengujian Waktu Ikat Awal Semen

Pengikatan awal adalah waktu yang diperlukan semen dari saat mulai bereaksi dengan air menjadi pasta semen sampai terjadi kehilangan sifat keplastisan. Hal yang harus diperhatikan yaitu pada saat mulainya semen menjadi kaku. Saat ini ditentukan dalam jam dan menit setelah semen dicampur dengan air. Pengikatan awal semen akan mulai mengikat pada waktu bila penurunan jarum vicat telah mencapai 25 mm dan setiap penurunan dicatat. Waktu pengikatan awal pada semen berkisar antara 60-120 menit.

Sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu yang terjadi saat bereaksi semen dan air sampai penurunan jarum vicat telah mencapai 0 mm (nol) atau jarum tidak mampu menembus pasta.

### 3.2.4 Pengujian Agregat

#### 3.2.4.1 Kelembaban Agregat

Metode pengujian ini mencakup penentuan persentase kelembaban dan kemampuan agregat dalam penguapan dan pengeringan. Baik kelembaban permukaan maupun penguapan air pada pori-pori agregat. Sebagian agregat mungkin berisi air yang bersifat kimiawi. Air yang terkandung dalam agregat yang bersifat kimiawi tersebut tidak mempunyai kemampuan dalam penguapan dan tidak termasuk dalam persentase yang ditentukan dalam metode tes ini.

$$\frac{(W_2 - W_1)}{W_2} \times 100\%$$

Dengan :

$W_1$  = Berat benda uji semula (gram).

$W_2$  = Berat benda uji kering oven (gram).

#### 3.2.2.5 Kadar Air Resapan Agregat Halus

Untuk mengetahui kadar air resapan dalam pasir yaitu adalah peningkatan massa pasir akibat air menembus ke dalam pori-pori partikel, selama jangka waktu yang ditentukan, tetapi tidak termasuk air ada permukaan luar dari partikel, dinyatakan sebagai persentase dari massa kering.

$$\frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\%$$

Dengan :

$W_1$  = Berat pasir SSD (gram)

$W_2$  = Berat pasir oven (gram)

### 3.2.2.6 Kadar Air Resapan Agregat Kasar

Untuk mengetahui kadar air resapan pada kerikil yaitu peningkatan massa kerikil akibat air menembus ke dalam pori-pori partikel, selama jangka waktu yang ditentukan, tetapi tidak termasuk air ada permukaan luar dari partikel, dinyatakan sebagai persentase dari massa kering.

$$\frac{(3000gr - W_1)}{W_1} \times 100\%$$

Dengan :

$W_1$  = Berat kerikil oven (gram)

### 3.2.2.7 Berat Volume Agregat Kasar

Berat volume agregat adalah massa per satuan volume bahan agregat dalam jumlah yang besar, di mana volume termasuk volume partikel itu sendiri dan volume rongga antara partikel. Dinyatakan dalam lb / ft<sup>3</sup> [kg / m<sup>3</sup>].

$$\frac{(W_2 - W_1)}{V} \times 100\%$$

Dengan :

$W_1$  = Berat silinder (Kg).

$W_2$  = Berat silinder + batu pecah (Kg).

V = volume silinder (liter).

### 3.2.2.8 Uji Kebersihan Agregat Halus Terhadap Bahan Organik

Pengujian ini meliputi dua prosedur untuk menentukan perkiran adanya kotoran organik yang merugikan dalam pembuatan adukan beton. Salah satu prosedurnya ialah menggunakan solusi warna standar dan menggunakan kaca standar warna.

### 3.2.2.9 Uji Kebersihan Agregat Terhadap Lumpur

Metode pengujian ini mencakup penentuan jumlah bahan halus dari 75-mm (saringan No. 200) dalam agregat dengan cara mencuci. Partikel tanah liat dan partikel agregat lainnya yang disebarkan oleh pencucian air, serta bahan yang larut dalam air, akan dihilangkan dari agregat selama tes.

$$A = [(B-C)/B] \times 100$$

Dimana :

A = presentase dari material yang lebih halus dari saringan 75 $\mu$ m (No.200)

dengan cara pencucian.

B = berat asli keing dari sampel (gram)

C = berat kering dari sampel setelah pencucian

### 3.2.2.10 Berat Jenis Agregat Kasar

Metode pengujian ini mencakup penentuan kepadatan rata-rata jumlah partikel agregat kasar (tidak termasuk volume rongga antara partikel), kepadatan relative (spesifik gravitasi), dan penyerapan agregat kasar. Tergantung pada prosedur yang digunakan, kepadatan (kg/m<sup>3</sup>) (lb/ft<sup>3</sup>) dinyatakan sebagai kering oven (*Oven Dry*), kering permukaan(*SSD*), atau kepadatan jelas jenuh. Demikian juga, kepadatan relative (spesifik gravitasi), kuantitas berdimensi, dinyatakan sebagai *Oven Dry*, *SSD*, atau seperti Nampak kepadatan relative (jelas spesifik gravitasi).

$$\frac{W_1}{(W_1 - W_2)} \times 100\%$$

Dengan :

$W_1$  = berat kerikil di udara (gram)

$W_2$  = Berat kerikil di air (gram)

### 3.2.2.11 Berat Jenis Agregat Halus



Metode pengujian ini mencakup penentuan kepadatan rata-rata jumlah partikel agregat yang baik, (tidak termasuk volume void antara partikel), kepadatan relatif (spesifik gravitasi), dan penyerapan agregat yang baik.

$$\frac{500 \text{ gr}}{(500 \text{ gr} + W_2) - W_1}$$

Dengan :

$W_1$  = Berat piknometer + pasir + air (gram)

$W_2$  = Berat piknometer + air (gram)

### 3.2.5 Perhitungan Mix Design

*Mix design* adalah salah satu kunci penting dalam menentukan proporsi optimal dalam permbutan beton. Di penelitian ini direncanakan ada 4 variabel komposisi dalam pembuatan beton. Namun, *mix design* penelitian ini sebagian mengacu pada penelitian sebelumnya. Berikut adalah percincian variabel komposisi yang akan digunakan dalam penelitian ini :

- a. Perbandingan alkali ( $\text{NaOH} : \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} : \text{fly ash}$ ) = 4 variabel
- b. Perbandingan alkali dengan agergat halus (mortar) = 1 variabel
- c. Perbandingan mortar dengan kerikil (beton) = 1 variabel

### 3.2.5.1 *Mix design* mortar geopolimer

Berikut ini adalah uraian pembuatan mix design mortar geopolimer dalam penelitian ini :

1. Berat jenis mortar (A) = 1700 kg/m<sup>3</sup>
2. Pembuatan mortar geopolimer telah ditentukan perbandingan antara semen geopolimer (B) dengan agregat halus (C) adalah 20 : 80
3. Jumlah semen yang diperlukan per m<sup>3</sup> =  

$$\frac{A \times B}{100} = \frac{1700 \times 20}{100} = 340 \text{ kg/m}^3$$
4. Jumlah agregat halus yang diperlukan per m<sup>3</sup> =  

$$\frac{A \times C}{100} = \frac{1700 \times 80}{100} = 1360 \text{ kg/m}^3$$
5. Penentuan faktor air semen di penelitian ini menggunakan metode *trial and error*.

**Tabel 3. 2** Tabel *Mix Design* Mortar Geopolimer

Variabel	Fly Ash	NaOH	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O	Sand	Air	FAS
	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	
V1	280.5	17.0	42.5	1360.0	146.2	0.43
V2	280.5	19.8	39.7	1360.0	108.8	0.32
V3	280.5	29.8	29.8	1360.0	98.6	0.29
V4	280.50	39.67	19.83	1360.00	78.20	0.23

### 3.2.5.2 *Mix design* beton geopolimer

Berikut ini adalah uraian pembuatan mix design beton geopolimer dalam penelitian ini :

1. Berat jenis mortar (A) =  $2400 \text{ kg/m}^3$
2. Pembuatan beton geopolimer telah ditentukan perbandingan antara bahan pengikat (B) dengan bahan pengisi (C) adalah 20 : 80
3. Jumlah bahan pengikat yang diperlukan per  $\text{m}^3$  (D)=  

$$(D) = \frac{A \times B}{100} = \frac{2400 \times 20}{100} = 480 \text{ kg/m}^3$$
6. Jumlah bahan pengisi yang diperlukan per  $\text{m}^3$  E =  

$$E = \frac{A \times C}{100} = \frac{2400 \times 80}{100} = 1920 \text{ kg/m}^3$$
7. Perbandingan jumlah agregat kasar (F) dan agregat halus (G) adalah 45 : 55
8. Jumlah agregat kasar per  $\text{m}^3$  (H) =  

$$H = \frac{E \times F}{100} = \frac{1920 \times 45}{100} = 864 \text{ kg/m}^3$$
9. Jumlah agregat halus per  $\text{m}^3$  (I) =  

$$(I) = \frac{E \times I}{100} = \frac{1920 \times 55}{100} = 1056 \text{ kg/m}^3$$
10. Ppenentuan faktor air semen di penelitian ini menggunakan metode *trial and error*.

**Tabel 3. 3** Tabel Mix Design Beton Geopolimer

Variable	Fly Ash	NaOH	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Sand	Gravel	Air	FAS
	$\text{Kg/m}^3$	$\text{Kg/m}^3$	$\text{Kg/m}^3$	$\text{Kg/m}^3$	$\text{Kg/m}^3$	$\text{Kg/m}^3$	
V1	396	24	60	1056	864	220.8	0.46
V2	396	28	56	1056	864	163.2	0.34
V3	396	42	42	1056	864	153.6	0.32
V4	396	56	28	1056	864	120	0.25

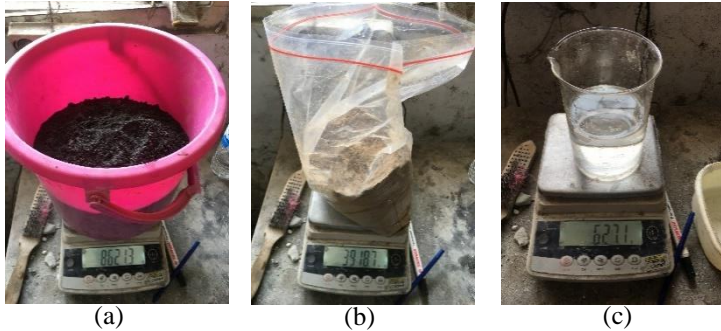
### 3.2.6 Pembuatan Benda Uji

Sebelum melangkah ke pembuatan benda uji ini, penulis telah melakukan beberapa *trial*. Tetapi banyak kendala yang dialami dalam penelitian ini seperti percobaan hingga 32 silinder 10x20 cm yang gagal karena mortar yang menempel pada dinding molen konvensional, lab jalan dan alat los angeles yang digunakan praktikum setiap hari oleh mahasiswa. Untuk mengetahui segala *trial and error* dan percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada *logbook* yang terlampir pada buku ini.

Dalam pembuatan benda uji menggunakan kubus 5x5x5 cm untuk trial kemudian dilanjutkan dengan pembuatan dengan menggunakan silinder 10x20 cm untuk benda uji beton. Untuk pengujian kuat tekan beton diuji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Setiap umur pengujian menggunakan 3 sampel benda uji. Sehingga diperlukan benda uji sebanyak 96 kubus 5x5x5 cm. Hasil kuat tekan terbaik dari 4 variabel, untuk selanjutnya diteliti lebih lanjut, untuk memastikan bisa tidaknya diaplikasikan dalam volume yang besar, dengan membuat benda uji 10x20 cm sebanyak 5 sampel silinder. Berikut adalah proses pembuatan benda uji :

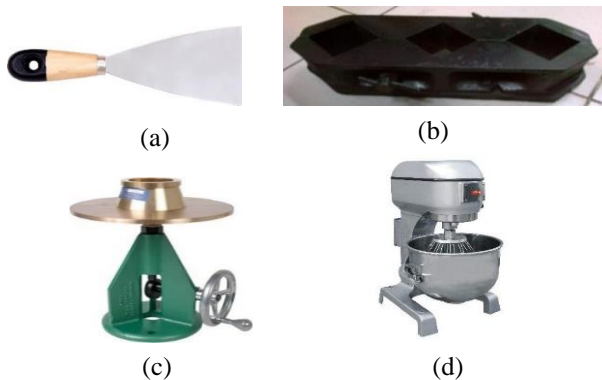
### 3.2.6.1 Pembuatan Mortar

1. Menyiapkan dan menimbang bahan yang sudah ditentukan sebelumnya



**Gambar 3. 12** Menyiapkan dan Menimbang Bahan : Pasir (a); Semen Geopolimer (b); Air (c)

2. Menyiapkan alat yang akan digunakan



**Gambar 3. 13** Menyiapkan Alat : Kapi (a); Bekisting Kubus 5x5 cm (b); *Flow Table Test* (c); *Mixer* (d)

3. Memasukkan agregat halus (pasir)



**Gambar 3. 14** Memasukkan Agregat Halus (Pasir)

4. Memasukkan semen geopolimer secara bertahap agar tercampur secara merata



**Gambar 3. 15** Memasukkan Semen Geopolimer

5. Aduk hingga homogen



**Gambar 3. 16** Aduk hingga homogen

6. Memasukkan air secara bertahap



**Gambar 3. 17** Memasukkan air secara bertahap

7. Memasukkan adonan mortar ke *flow table test*



**Gambar 3. 18** Memasukkan Adonan Mortar ke *Flow Table Test*

8. Mengukur diameter adonan mortar



**Gambar 3. 19** Mengukur Diameter Adonan Mortar

9. Memasukkan adonan mortar ke dalam cetakan kubus 5x5 cm





**Gambar 3. 20** Memasukkan Adonan Mortar ke Dalam Cetakan Kubus 5x5 cm

### 3.2.6.2 Pembuatan Beton

1. Menyiapkan dan menimbang bahan yang sudah ditentukan sebelumnya



(a)



(b)



(d)



(c)

**Gambar 3. 21** Menyiapkan dan Menimbang Bahan : Kerikil (a); Pasir (b); Semen Geopolimer (c); Air (d)

2. Menyiapkan alat yang akan digunakan



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**Gambar 3. 22** Menyiapkan Alat : Cetok (a); *Hand Mixer* (b); Kerucut Slump (c); Penggaris 50 cm (d); Timba Plastik (e); Silinder 10x20 cm (f)

3. Memasukkan agregat halus (pasir)



**Gambar 3. 23** Memasukkan Agregat Halus (Pasir) ke dalam Timba Plastik

4. Memasukkan agregat kasar (kerikil)



**Gambar 3. 24** Memasukkan Agregat Kasar (Kerikil) ke dalam Timba Plastik

5. Aduk hingga homogen



**Gambar 3. 25** Pengadukan Hingga Homogen

6. Memasukkan semen geopolimer secara bertahap agar tercampur secara merata



**Gambar 3. 26** Memasukkan Semen Geopolimer Secara Bertahap Agar Tercampur Secara Merata

7. Memasukkan air secara bertahap agar tidak terjadi bleeding maupun segregasi



**Gambar 3. 27** Memasukkan Air Secara Bertahap

8. Aduk hingga homogen



**Gambar 3. 28** Pengadukan Beton hingga Homogen

9. Memasukkan adonan beton ke dalam kerucut slump



**Gambar 3. 29** Memasukkan Adonan Beton ke Dalam Kerucut Slump

10. Mengukur diameter slump



**Gambar 3. 30** Mengukur Diameter Slump

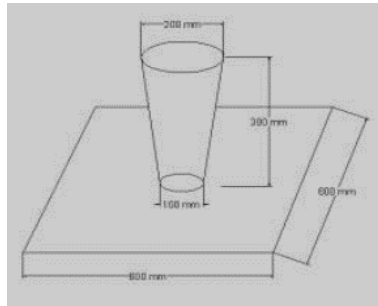
11. Memasukkan ke dalam bekisting



**Gambar 3. 31** Memasukkan Adonan Beton ke dalam Bekisting

### **3.2.7 Pengujian Beton Segar**

Dalam penelitian ini pengujian beton segar menggunakan slump cone. Pengujian *Slump Cone* berbeda dengan pengujian *Slump* yang digunakan pada beton konvensional, pada pengujian *Slump Cone* ini alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil diletakkan dibawah dan diameter yang besar terletak diatas. Alat uji *Slump Cone* dapat dilihat pada gambar 3.22.



**Gambar 3. 32** Sketsa Pengujian *Slump Cone*

Adapun langkah-langkah kerja dari metode pengujian slump flow ini adalah sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan persiapan terhadap alat slump flow; persiapan yang dilakukan adalah dengan membasahi alat dengan air sehingga seluruh permukaan alat ini basah.
2. Alat slump flow (kerucut Abram) diletakkan sebagaimana melakukan pengujian slump pada beton normal. Alat slump flow diletakkan pada papan datar yang lebar. Papan tersebut digunakan sebagai alas agar beton dapat mengalir dengan baik tanpa ada hambatan.
3. Setelah adukan beton siap, adukan beton segar dimasukkan ke dalam kerucut Abram sampai dengan volume penuh dan tidak dilakukan penusukan terhadap campuran beton tersebut.
4. Kemudian kerucut Abram diangkat secara perlahan dan konstan. Aliran beton tidak boleh terputus.



5. Data yang diambil hanyalah data nilai akhir diameter sebaran adukan beton segar (diameter maksimum yang dihasilkan) sampai beton tersebut tidak mengalir (diam), seperti tampak pada gambar 3.23.



**Gambar 3. 33** Pengukuran Diameter Slump Beton Segar

Kemudian dari pengujian slump flow ini dapat diamati kondisi workabilitas dari campuran beton tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan mengamati kondisi sebagai berikut :

- a Homogenitas dari beton tersebut, dilihat dengan kondisi beton tidak terjadi segregasi.
- b Tidak boleh terjadi *bleeding* dan agregat halus tersebar merata.

### **3.2.8 Perawatan Benda Uji**

Setelah benda uji berumur 1 (satu) hari, benda uji dilepas dari bekisting atau cetakan. Setelah itu, dirawat (*curing*) dengan metode *Polythene Curing*, yaitu melapisi membran plastik untuk mencegah

pergerakan uap air dari benda uji. Kemudian disimpan pada suhu ruang. *Curing* dengan metode ini karena pada penelitian sudah dicoba *curing* dengan cara merendam benda uji di dalam air tetapi hasilnya kuat tekan benda uji menjadi rendah. Selain itu suhu ruang dipilih, karena akan diaplikasikan secara luas.



**Gambar 3. 34** Perawatan Benda Uji dengan *Curing* Metode Polythene

### **3.2.9 Pengujian Benda uji**

#### **3.2.6.1 Uji Kuat Tekan**

Uji kuat tekan beton (*compressive strength*) bertujuan untuk menentukan nilai beban yang diterima oleh beton disaat mulai mengalami kerusakan atau retak. Pengujian ini menggunakan mesin tekan dengan satuan beban per luasan. Beton yang akan diuji nilai kuat tekannya harus sudah *dicuring* terlebih dahulu agar kelembapan beton tetap terjaga. (M. Farhan, 2017). Hasil uji berupa satuan gaya per luasan.

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Dengan :

$f'_c$  = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Gaya tekan pada beton (N)

A = Luas penampang silinder ( $\text{mm}^2$ )



**Gambar 3. 35** Pengujian Benda Uji

Berdasarkan SNI 03-1974-1990 prosedur pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut :

- a. Pengangkatan benda uji *curing*.
- b. Menentukan berat dan ukuran benda uji.
- c. Melapisi permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang.
- d. Meletakkan benda uji pada mesin uji kuat tekan secara sentris.

- e. Menjalankan mesin tekan.
- f. Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi.

### 3.2.6.2 UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*)

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) adalah metode yang digunakan untuk mengukur kecepatan hantaran dari gelombang (*pulse velocity*) ultrasonik yang melewati suatu beton. Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat dilihat pada ASTM C 597. (Widya Apriani, 2016).

Dalam penelitian menggunakan pengujian UPV dengan cara Metode (*Direct Transmission*) yaitu dimana pengukuran dilakukan dengan cara *receiver transducer* dan *transmitter transducer* diletakan saling berhadapan.



**Gambar 3. 36** Pengujian UPV Benda Uji dengan cara Metode (*Direct Transmission*)

Menurut (M. Farhan, 2017) UPV bertujuan untuk mengetahui keseragaman kualitas beton secara tidak langsung (non destruktif) dengan mengukur kecepatan gelombang elektronik longitudinal yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V = \frac{L}{T}$$

Dengan:

V = Kecepatan gelombang longitudinal (km/detik atau m/detik).

L = Panjang lintasan beton yang dilewati (km, m).

T = Waktu tempuh gelombang longitudinal ultasonik.

Adapun prosedur uji UPV adalah sebagai berikut :

- a. Pengangkatan benda uji *curing*.
- b. Mengoleskan permukaan beton dengan gemuk/stempet.
- c. Jalankan alat uji UPV lalu catat kecepatan gelombang elektronik longitudinal.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

## **BAB IV**

### **HASIL dan PEMBAHASAN**

#### **4.1 Umum**

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian yang telah diperoleh dari tiap - tiap pengujian, kemudian dianalisa dan ditarik kesimpulan. Hasil penelitian di laboratorium terdiri dari hasil uji material *fly ash*, agregat, hasil kuat tekan, upv, *slump test* dan *setting time*. Data-data hasil pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah dalam menganalisa.

#### **4.2 Hasil Analisa Material**

##### **4.2.1 Fly Ash dan Semen Geopolimer**

###### **4.2.1.1 X-Ray Fluorescenes Fly Ash**

Pada penelitian ini, digunakan Limbah *Fly Ash* penggunaan batu bara dari Paiton Jawa Power. Pengujian XRF (*X-Ray Fluoroscenes*) dilakukan di Laboratorium Analisa Kimia PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk. Berdasarkan ASTM C 618, *fly ash* ini digolongkan Tipe C.

Hasil analisa komposisi kimia menurut ASTM C-618,-03 menunjukkan bahwa *fly ash* yang digunakan tergolong **Tipe C** berdasarkan :

- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \underline{65.04\%} > 50\%$   
→ Kelas C
- $\text{CaO} = \underline{19.56\%} > 10\% \rightarrow \text{Kelas C}$
- $\text{SO}_3 = \underline{2.08\%} < 5\% \rightarrow \text{Kelas C}$

**Tabel 4. 1** Hasil XRF *Fly Ash* Tipe C

<b>Senyawa</b>	<b>Kandungan (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	34.52
CaO	19.56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.36
MgO	9.25
SO <sub>3</sub>	2.08
Na <sub>2</sub> O	1.69
K <sub>2</sub> O	1.03
TiO <sub>2</sub>	0.67
BaO	0.23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18
MnO	0.18
SrO	0.1
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06
Cl	0.02
ZnO	0.02
ZrO <sub>2</sub>	0.02
NiO	0.01

Sumber : Analisa Lab.Kimia

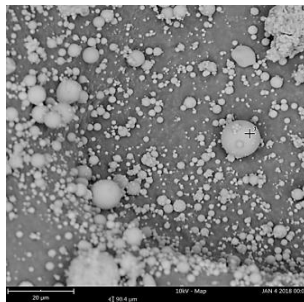
PT.Semen Indonesia (Persero), Tbk, 2018

*Setting-time* pada *Fly Ash* Tipe C berlangsung cepat dikarenakan reaksi hidroliknya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar kalsium dan lebih sulit diprediksi (Wang, 2006 dan Roberts 2007).

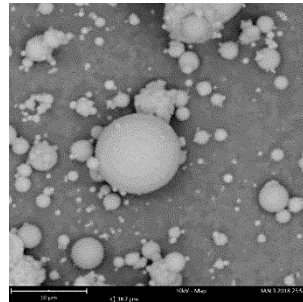


#### 4.2.1.2 SEM-EDX *Fly Ash*

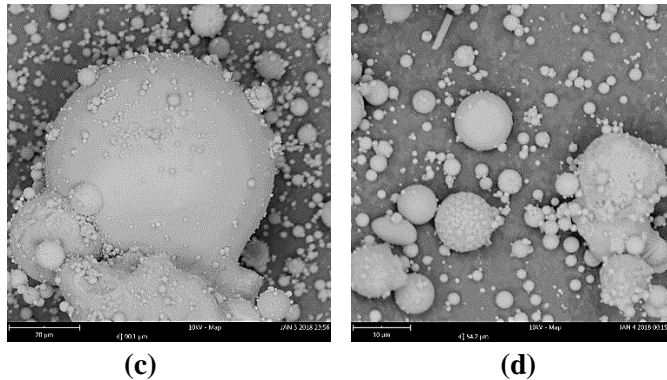
Mengetahui karakterisasi material yang heterogen pada permukaan bahan pada skala mikrometer dan submikrometer dengan menggunakan satu perangkat alat SEM yang dirangkaikan dengan EDX. Pada SEM dapat diamati karakteristik bentuk, struktur, serta distribusi pori pada permukaan bahan, sedangkan komposisi serta kadar unsur yang terkandung dalam sampel dapat dianalisis dengan menggunakan EDX. Dalam pengukuran SEM-EDX, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area. Pengujian SEM-EDX dilakukan di LPPM ITS Surabaya.



(a)

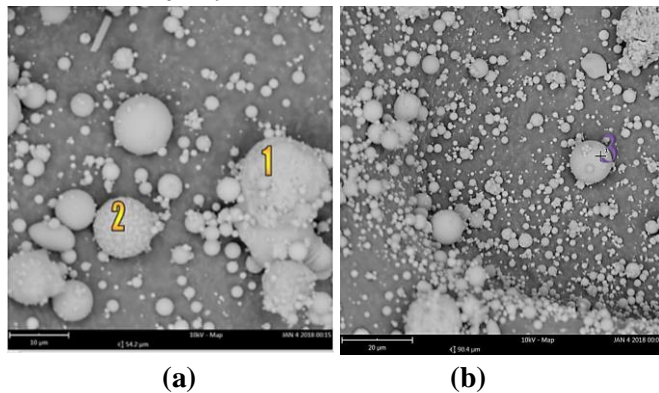


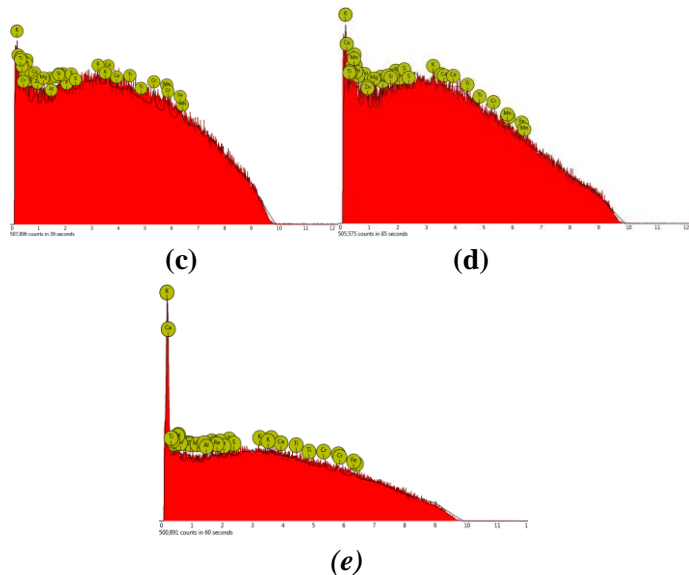
(b)



**Gambar 4. 1** (a) (c)SEM Fly Ash Tipe C Ukuran 20µm, (b) (d) SEM Fly Ash Tipe C Ukuran 10µm

Hasil analisis SEM menunjukkan, bentuk partikel pada *Fly Ash* Tipe C berbentuk bulat halus dan memiliki ukuran partikel yang berbeda-beda dan distribusi ukuran partikelnya tidak merata. Hal ini juga dibuktikan juga dengan pengujian PSD (*Particle Size Distribution*) pada sub-bab selanjutnya.



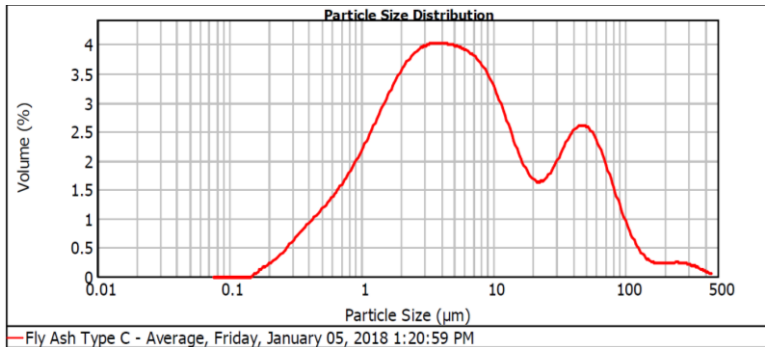


**Gambar 4. 2** (a) (b)SEM Fly Ash Tipe C Ukuran 20 $\mu$ m, (c) (d) (e) Hasil EDX dari Ketiga Titik

Pengujian EDX *Fly Ash* Tipe C pada grafik mengindikasikan bahwa *fly ash* tersebut memiliki *peak* (puncak) tiap unsur tidak jelas dan menumpuk/bertumpang tindih antara unsur-unsurnya, atau tidak dapat memantulkan sinar elektron dengan sempurna. Hal ini dikarenakan, padatan *fly ash* berupa Amorf (*Amorphous*) yang merupakan partikel penyusun dari suatu material dimana atom-atomnya tersusun secara tidak teratur, sehingga panjang dan sudut ikatan antar atom juga tidak teratur. Kasus inilah yang diketahui sebagai bentuk penyimpangan struktural. (Yashito,2006).

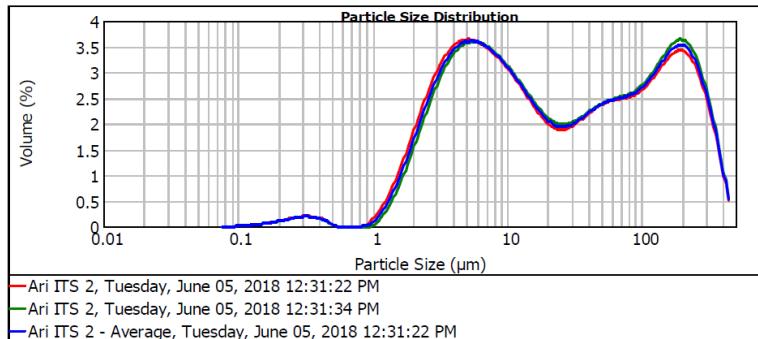
#### 4.2.1.3 *Particle Size Distribution Fly Ash* dan Semen Geopolimer

Pengujian *Particle Size Distribution* (PSD) menggunakan Malvern Mastersizer 2000 dilakukan di Pusat Penelitian Semen PT. Semen Indonesia (Persero),Tbk.



**Gambar 4. 3** Pengujian *Particle Size Distribution* (PSD) *Fly Ash*

Persebaran ukuran partikel pada *Fly Ash* dimulai pada ukuran sekitar 0.15 μm dan ukuran terbesar pada 450 μm. Pada gambar tersebut, terjadi kenaikan volume (%) dari ukuran 0.15 μm sampai pada puncak grafik ukuran 4 μm dengan volume 4% dan mulai menurun sampai pada ukuran sekitar 11 μm dengan volume 1.6% dan naik kembali sampai pada ukuran sekitar 35 μm dengan volume 2.6% dan turun kembali sampai pada ukuran 150 μm dengan volume 0.23% dan naik pada ukuran 160 μm dengan volume 0.25% dan kemudian turun pada ukuran 450 μm dengan volume 0%.



**Gambar 4. 4** Pengujian *Particle Size Distribution (PSD)* Semen Geopolimer

Pada grafik tersebut dihasilkan dua *peak* (puncak) hal ini mengindikasikan bahwa distribusi partikel *Fly Ash* dan semen geopolimer tidak merata. Dimana distribusi partikel secara merata sangat mempengaruhi kinerja material diantaranya sesuai dengan teori milik (Crouch, 2007). Peningkatan kemampuan kerja dan kekuatan adalah hasil dari “*ball bearing*” aksi bola partikel *Fly Ash* dan semen geopolimer. *Fly Ash* dan semen geopolimer meningkatkan gradasi dalam campuran dengan merapikan distribusi ukuran partikel halus.

#### 4.2.1.4 Massa Jenis *Fly Ash* dan Semen Geopolimer

Pengujian berat jenis ini dilakukan di laboratorium kimia Jurusan Kimia ITS. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis dari *fly ash* dan semen geopolimer yang dipakai dalam penelitian ini. Pengujian massa jenis ini dilakukan pada suhu 20°C. Pengujian ini

dilakukan oleh petugas laboratorium yang berpengalaman. Adapun hasil tes adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. 2** Massa Jenis *Fly Ash* dan Semen Geopolimer

Sampel	Massa Jenis (g/ml)
<i>Fly Ash</i>	1.347811668
Semen Geopolimer	1.317328517

Sumber : Analisa Lab. Kimia  
Jurusan Kimia ITS

Nilai massa jenis suatu zat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur, kerapatan suatu zat semakin rendah karena molekul-molekul yang saling berikatan akan terlepas. Kenaikan temperatur menyebabkan volume suatu zat bertambah, sehingga massa jenis dan volume suatu zat memiliki hubungan yang berbanding terbalik.

#### 4.2.1.5 Berat Jenis *Fly Ash* dan Semen Geopolimer

Pengujian berat jenis ini dilakukan di laboratorium kimia Jurusan Kimia ITS. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis dari *fly ash* dan semen geopolimer yang dipakai dalam penelitian ini. Pengujian ini dilakukan oleh petugas laboratorium yang berpengalaman. Adapun hasil tes adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. 3** Berat Jenis *Fly Ash* dan Semen Geopolimer

Sampel	Berat Jenis
<i>Fly Ash</i>	1.350242104

Semen Geopolimer	1.319703984
------------------	-------------

Sumber : Analisa Lab. Kimia  
Jurusan Kimia ITS

#### 4.2.2 Agregrat Kasar (Batu Pecah)

##### 4.2.2.1 Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp.01)

Hasil pengujian berat jenis batu pecah pada tabel berikut ini.

**Tabel 4. 4** Berat Jenis Batu Pecah

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat kerikil di udara (w1)	3000	3002.6
Berat kerikil di air (w2)	1903,1	1907
Berat Jenis (gram/cm3) = $w1/(w1-w2)$	2.735	2.745

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan berat jenis batu pecah rata-rata sebesar 2.735 gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis batu pecah yang disyaratkan ASTM C. 128-88 Reapp 01 sebesar 2.4 hingga 2.7 gram/cm<sup>3</sup>. Sehingga batu pecah yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

##### 4.2.2.2 Kelembapan Batu Pecah (ASTM C 566-71 )

Hasil pengujian Kelembapan batu pecah pada tabel berikut ini.

**Tabel 4. 5** Kelembaban Batu Pecah

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat kerikil kondisi asli (w1)	1000	1000
Berat kerikil oven (w2)	980	976,3
Kembapan Batu Pecah (%) ((w1-w2)/w2)x100%)	2,041	2,428

Sehingga batu pecah yang digunakan telah memenuhi persyaratan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan rata-rata kelembapan 2.235%.

#### 4.2.2.3 Kadar Air Resapan Batu Pecah (ASTM C 127-88 Reapp 01)

Hasil pengujian Air Resapan batu pecah pada tabel berikut ini.

**Tabel 4. 6** Kadar Air Resapan Batu Pecah

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat kerikil SSD (w1)	3000	3000
Berat kerikil oven (w2)	2920	2933
Kadar Air Resapan (%) ((w1-w2)/w2)x 100%	2,74	2,284

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan besarnya kadar air resapan rata-rata sebesar



2,512%. Kadar air yang didapatkan memenuhi persyaratan ASTM C-127-88-93 dimana batas air resapan yang diperbolehkan sekitar 1% hingga 2%.

#### 4.2.2.4 Analisa Saringan Batu Pecah (ASTM C 136-95A)

Hasil analisa saringan batu pecah pada tabel berikut.

**Tabel 4. 7** Analisa Saringan Batu Pecah

Lubang Ayakan			Batu Pecah	
			Tertahan	Kumulatif
No	Mm	Gram	E %	E%
¾"	19.1	60	0,375	0,375
3/8"	9.5	5000	31,25	31,625
No.4	4.76	8530	53,3125	84,9375
No.8	2.38	2000	12,5	97,4375
No.16	1.1	280	1,75	99,1875
No.30	0.59	80	0,5	99,6875
No.50	0.297	30	0,1875	99,875
No.100	0.149	20	0,123	100
Pan		0	0	-
Jumlah		5000	100	613
			Fm Kr	6,13125

Berdasarkan analisa ayakan kerikil yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa gradasi maksimum kerikil 20 mm. sedangkan modulus kehalusannya adalah 6,13 dimana interval modulus kehalusan kerikil adalah 6,5-8 (ASTM-C33)

### 4.2.3 Agregrat Halus (Pasir)

#### 4.2.3.1 Uji XRF(X-Ray Fluoroscenes) Pasir

Pasir yang digunakan berasal dari Jawa Timur dan pengujian XRF dilakukan di PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk.

**Tabel 4. 8** Hasil Uji XRF Pasir

<b>Senyawa</b>	<b>Kandungan (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	54,38
CaO	8,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,17
MgO	2,94
SO <sub>3</sub>	0,09
Na <sub>2</sub> O	3,80
K <sub>2</sub> O	1,14
TiO <sub>2</sub>	0,84
BaO	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17
MnO	0,18
SrO	0,04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05
Cl	0,03
ZnO	0,01

Sumber : Analisa Lab.Kimia

PT.Semen Indonesia (Persero), Tbk, 2018

#### 4.2.3.2 Berat Jenis Pasir (ASTM C 1278-01)

Hasil pengujian berat jenis pasir pada tabel berikut ini.

**Tabel 4. 9** Berat Jenis Pasir

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat labu + Pasir+air (w1)	1579.4	1572
Berat pasir SSD (w2)	502.7	500
Berat labu + air (w3)	1261	1260
Berat Jenis (gram/cm3) = $w2/(w2+w3-w1)$	2.72	2.66

Berat jenis pasir yang disyaratkan ASTM C-128-78 antara 2.4 sampai 2.7. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan berat jenis rata-rata sebesar 2.69. Sehingga pasir yang digunakan memenuhi persyaratan.

#### 4.2.3.3 Kelembaban Pasir (ASTM C 566-97 Reapp.04)

Hasil pengujian kelembaban pasir pada tabel berikut.

**Tabel 4. 10** Kelembaban Pasir

Percobaan	1	2
	gram	gram
Berat pasir asli (w1)	500	500

Berat pasir oven (w2)	485.8	488.1
Kelembapan Pasir (%)	2.923	2.44
$((w1-w2)/w2) \times 100\%$		

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan besarnya kelembapan pasir rata-rata sebesar 2.682 %. ASTM C-566-97 menyatakan pasir benar-benar kering apabila kelembapan mencapai angka kurang dari 0.1%. Sehingga dapat disimpulkan pasir yang digunakan belum benar-benar kering.

#### 4.2.3.4 Kadar Air Resapan Pasir (ASTM C 128-01)

Hasil pengujian Air Resapan Pasir pada tabel berikut ini.

**Tabel 4. 11** Kadar Air Reasapan Pasir

Percobaan	1	2
	gram	Gram
Berat pasir SSD (w1)	502.7	500
Berat pasir oven (w2)	495.8	492.7
Kadar Air Resapan (%)	1.39	1.481
$((w1-w2)/w2) \times 100\%$		

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan besarnya kadar air resapan rata-rata sebesar 1.436%. Kadar air yang didapatkan memenuhi persyaratan

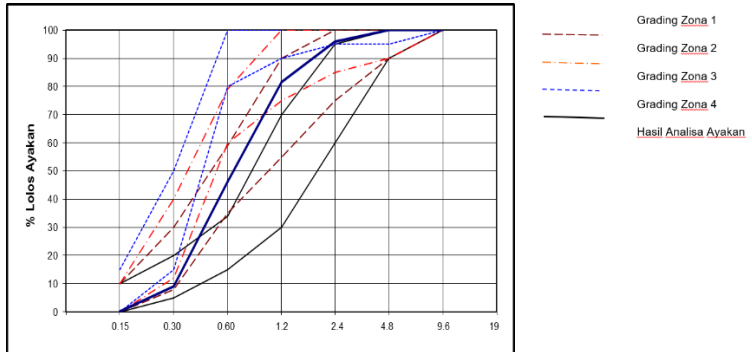
ASTM C-128-01 dimana batas air resapan yang diperbolehkan sekitar 1% hingga 4%.

#### 4.2.3.5 Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136-95A)

Hasil analisa saringan pasir pada tabel berikut.

**Tabel 4. 12** Analisa Saringan Pasir

Lubang Ayakan inc/mm	Pasir 500 Gram			Persen Tembus Kumulatif
	Gram	%	E %	%
4,76	0	0,00	0,00	100
2,38	20	4,02	4,02	95,98
1,19	72,0	14,46	18,47	81,53
0,59	176,0	35,34	53,82	46,18
0,297	185	37,15	90,96	9,04
0,149	4	8,84	99,80	0,20
0	1,0	0,20		
Jumlah	498	100,00	267,07	
	FKr =	2,67		

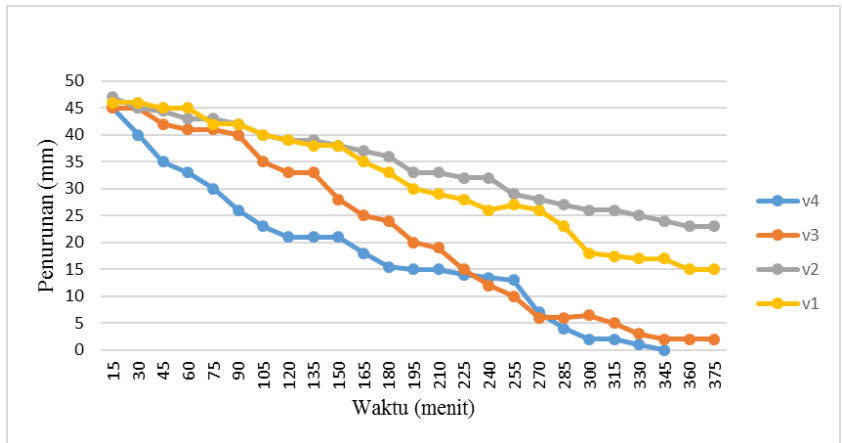


**Gambar 4. 5** Analisa Saringan Pasir

Dari hasil analisa ayakan pasir dapat dinyatakan bahwa gradasi agregat pasir berada pada zona 2 (Pasir Agak Kasar). (SK.SNI T-15-1990-03). Sedangkan modulus kehalusan pasir adalah ( $FKr = 2,67$ ). ( $FKr$  untuk pasir berkisar antara 2,3-4 “ASTM C33”)

### 4.3 Pengujian Waktu Ikat Pasta Semen Geopolimer

Berikut merupakan hasil pengujian waktu ikat pasta untuk masing-masing variabel semen geopolimer:



**Gambar 4. 6** Grafik Pengujian Waktu Ikat

Dari pengujian waktu ikat pasta semen geopolimer tersebut, variabel yang memiliki waktu ikat paling cepat ialah V4 dan yang paling lama ialah V2. Hal ini menyimpulkan bahwa semakin banyak kandungan NaOH maka semakin cepat waktu reaksinya. Begitu juga sebaliknya, semakin banyak sodium silikat maka waktu ikatnya akan semakin lama. Hal tersebut sesuai dengan teori (Criado et al, 2010; palomo et al 1999) yang mengatakan bahwa alkali silikat harus dikombinasikan dengan alkali hidroksida, dikarenakan sifat reaksinya yang perlahan, sehingga kekuatan bahan pengikat geopolimer menjadi lebih rendah.

## 4.4 Pengujian Mortar Geopolimer

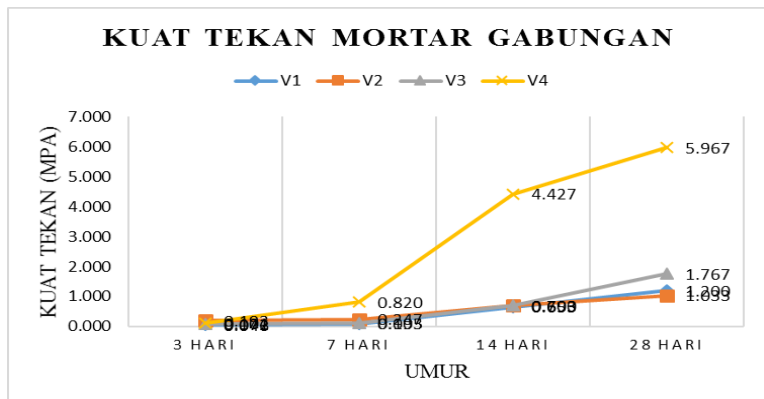
### 4.4.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan mortar geopolimer dilakukan pada umur 3, 7, 14, 28 hari. Satuan dari kuat tekan yang digunakan dalam hasil penelitian ini adalah MPa (Mega Pascal), berikut adalah hasil pengujian dari mortar geopolimer :

**Tabel 4. 13** Kuat Tekan Mortar Geopolimer Umur 3, 7, 14, 28 Hari

Umur	3 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
V1	0.046	0.095	0.653	1.200
V2	0.193	0.247	0.693	1.033
V3	0.072	0.103	0.700	1.767
V4	0.101	0.820	4.427	5.967

\*Kuat tekan diatas merupakan kuat tekan rata-rata dari 3 (tiga) benda uji



**Gambar 4. 7** Pengujian Kuat Tekan Mortar Umur 3, 7, 14, 28 hari



Dari hasil pengujian kuat tekan diatas, variabel dengan nilai kuat tertinggi ialah V4 dan yang memiliki kuat tekan terendah adalah V1. Seperti yang ditinjau pada sub bab 3.2.5 bahwa V4 memiliki proporsi perbandingan NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  adalah 2:1, serta memiliki faktor air semen paling rendah diantara V1, V2 dan V3. Hal ini menyimpulkan semakin rendah kadar  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan semakin rendah faktor air semen, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi. Kemudian dari pembuatan dan pengujian mortar geopolimer ini dilanjutkan ke pembuatan dan pengujian beton geopolimer.

## 4.5 Pengujian Beton Geopolimer

### 4.5.1 Pengujian Beton Segar (*Slump Cone*)

Pada pengujian *Slump Cone* ini alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil diletakkan dibawah dan diameter yang besar terletak diatas dapat dilihat pada sub bab 3.2.7.



**Gambar 4. 8** Pengujian Pertama *Slump Flow* 50 cm



**Gambar 4. 9** Pengujian Kedua *Slump Flow* 50 cm

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pengukuran diameter beton segar dilakukan dua kali pada sisi yang berbeda. Pada pengujian ini diameter beton segar mampu mencapai diameter 50 cm dengan waktu kurang dari 6 detik. Hal tersebut sesuai dengan batasan dalam alat uji *Slump Cone*, campuran beton dikategorikan *SCC* harus mampu mencapai diameter 50 cm dalam waktu kurang dari 6 detik dan apabila melebihi dari 6 detik maka beton tersebut bukan kategori *SCC*. (Setiawan, A., *Self Compacting Concrete: Fenomena Baru Dunia Teknologi Beton*, 2001).

Dari pengujian ini dapat dilihat juga bahwa pengujian *slump flow* ini bisa diamati kondisi workabilitas campuran beton tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan mengamati kondisi sebagai berikut :

- a. Homogenitas dari beton tersebut, dilihat dengan kondisi beton tidak terjadi segregasi.
- b. Tidak boleh terjadi *bleeding* dan agregat halus tersebar merata.

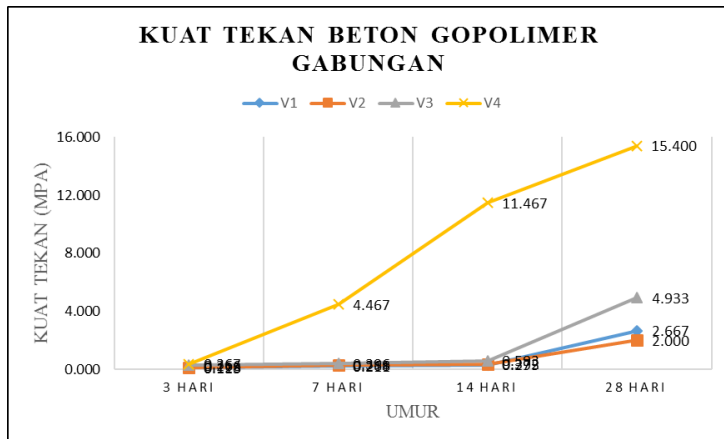
### 4.5.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton geopolimer dilakukan pada umur 3, 7, 14, 28 hari. Satuan dari kuat tekan yang digunakan dalam hasil penelitian ini adalah MPa (Mega Pascal), berikut adalah hasil pengujian dari beton geopolimer :

**Tabel 4. 14** Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 3, 7, 14, dan 28 Hari

Umur	3 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
V1	0.128	0.211	0.295	2.667
V2	0.113	0.268	0.372	2.000
V3	0.266	0.396	0.593	4.933
V4	0.367	4.467	11.467	15.400

\*Kuat tekan diatas merupakan kuat tekan rata-rata dari 3 (tiga) benda uji



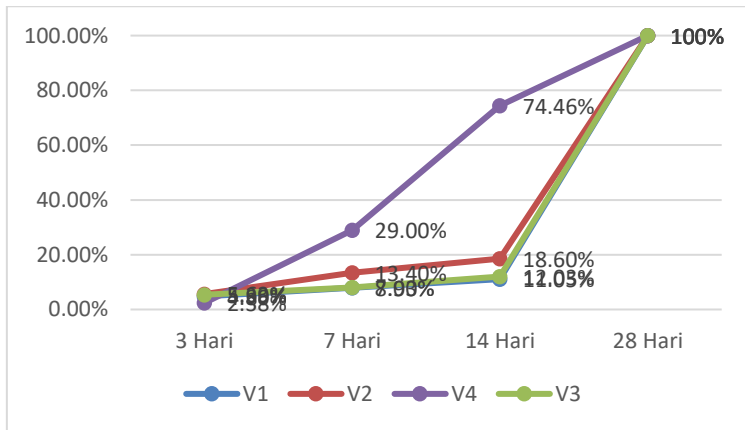
**Gambar 4. 10** Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Umur 3, 7, 14, dan 28 Hari

Berikut merupakan tabel dan grafik umur pengujian terhadap pertumbuhan nilai kuat tekan (%) :

**Tabel 4. 15** Tabel Umur Pengujian terhadap Pertumbuhan Nilai Kuat Tekan (%)

Umur	3 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
V1	4.80%	7.90%	11.05%	100%
V2	5.63%	13.40%	18.60%	100%
V3	5.39%	8.03%	12.03%	100%
V4	2.38%	29.00%	74.46%	100%

\*Kuat tekan diatas merupakan kuat tekan rata-rata dari 3 (tiga) benda uji



**Gambar 4. 11** Grafik Umur Pengujian terhadap Pertumbuhan Nilai Kuat Tekan (%)

Dari hasil korelasi diatas, nilai pertumbuhan kuat tekan yang paling cepat ialah V4, disusul dengan V2, V3, dan V1.

**Tabel 4. 16** Pengujian Beton Geopolimer dengan Benda Uji Silinder 10x20 cm

Benda Uji	Berat	Kuat Tekan		
	gr	KN	N	MPa
1	3890	179	179000	22.80255
2	3574.6	183	183000	23.3121
3	3830.8	116	116000	14.77707
4	3825.9	173	173000	22.03822
5	3716.5	161	161000	20.50955
Rata-Rata	3767.56	162.4	162400	20.6879

Hasil pengujian kuat tekan diatas, variabel dengan nilai kuat tertinggi ialah V4 dan yang memiliki kuat tekan terendah adalah V1. Seperti yang ditinjau pada sub bab 3.2.5 bahwa V4 memiliki prosorsi perbandingan NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  adalah 2:1, serta memiliki faktor air semen paling rendah diantara V1, V2 dan V3. Hal ini menyimpulkan semakin rendah kadar  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan semakin rendah faktor air semen, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi.

#### 4.5.3 Pengujian UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*)

Pengujian UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*) beton geopolimer V4 dilakukan pada umur 28 hari. Berikut hasilnya :

**Tabel 4. 17** Pengujian UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*) Beton Geopolimer V4 dilakukan pada Umur 28 hari

Benda Uji	Jarak, L (m)	Kecepatan V (Km/s)	Kategori
1	0.2	2.810	Cukup
2	0.2	3.130	Cukup Bagus
3	0.2	2.660	Cukup
4	0.2	3.030	Cukup Bagus
5	0.2	3.090	Cukup Bagus
Rata-Rata		2.944	Cukup

Dari hasil pengujian UPV tersebut, disimpulkan bahwa rata-rata beton semen geopolimer V4 memiliki kualitas cukup menurut sumber *International Atomic Energy Agency*, 2002 : 110. Hal tersebut didapatkan nilai 2,944 Km/s berada dalam kisaran 2,0-3,0 Km/s.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Membuat dan menghaluskan semen geopolimer dilakukan menggunakan alat los angeles berisi bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 cm (1 27/32 inci) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 455 gram dan jumlah bola baja sebanyak 12 biji, kemudian diputar sebanyak 500x putaran atau selama 18 menit 48 detik.
2. Penelitian ini menggunakan Limbah *Fly Ash* penggunaan batu bara dari Paiton Jawa Power. Pengujian XRF (*X-Ray Fluoroscenes*) dilakukan di Laboratorium Analisa Kimia PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk. Berdasarkan ASTM C 618, *fly ash* ini digolongkan Tipe C. Hasil analisa komposisi kimia menurut ASTM C-618,-03 menunjukkan bahwa *fly ash* yang digunakan tergolong **Tipe C** berdasarkan :
  - $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \underline{\underline{65.04\%}} > 50\% \rightarrow \text{Kelas C}$
  - $\text{CaO} = \underline{\underline{19.56\%}} > 10\% \rightarrow \text{Kelas C}$
  - $\text{SO}_3 = \underline{\underline{2.08\%}} < 5\% \rightarrow \text{Kelas C}$
3. Penelitian ini terdiri dari 4 variabel dimana masing-masing variabel mempunyai selesih perbandingan antara NaOH dengan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebesar 0,5-1 (dapat dilihat pada sub bab 3.2.3.2.)
4. Penulis telah melakukan beberapa *trial*. Tetapi banyak kendala yang dialami dalam penelitian ini seperti

percoobaan hingga 32 silinder 10x20 cm yang gagal karena mortar yang menempel pada dinding molen konvensional. Untuk mengetahui segala *trial and error* dan percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada *logbook* yang terlampir pada buku ini.

5. Pembuatan benda uji dalam penelitian ini menggunakan kubus 5x5x5 cm untuk trial kemudian dilanjutkan dengan pembuatan dengan menggunakan silinder 10x20 cm untuk benda uji beton. Pengujian kuat tekan di penelitian ini diuji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Setiap umur pengujian menggunakan 3 sampel benda uji. Sehingga diperlukan benda uji sebanyak 96 kubus 5x5x5 cm. Hasil kuat tekan terbaik dari 4 variabel, diteliti lebih lanjut untuk memastikan bisa tidaknya diaplikasikan dalam volume yang besar, dengan membuat benda uji 10x20 cm sebanyak 5 sampel silinder.
6. Variabel yang memiliki waktu ikat paling cepat ialah V4, sedangkan yang paling lama yaitu V2. Hal ini menyimpulkan bahwa semakin banyak kandungan NaOH maka semakin cepat waktu reaksinya.
7. *Slump flow* beton segar mencapai diameter 50 cm dengan waktu kurang dari 6 detik. Hal tersebut sesuai dengan batasan dalam alat uji *Slump Cone*, campuran beton dikategorikan SCC harus mampu mencapai diameter 50 cm dalam waktu kurang dari 6 detik dan apabila melebihi dari 6 detik maka beton tersebut bukan kategori SCC. (Setiawan, A., *Self Compacting Concrete: Fenomena Baru Dunia Teknologi Beton*, 2001).



8. Hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer, variabel yang memiliki nilai kuat tertinggi ialah V4 mencapai kuat tekan rata-rata mencapai 20,6 MPa. Komposisi V4 adalah *fly ash* 396 Kg/m<sup>3</sup>, NaOH 56 Kg/m<sup>3</sup>, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O 28 Kg/m<sup>3</sup>, pasir 1056 Kg/m<sup>3</sup>, kerikil 864 Kg/m<sup>3</sup> dan air 120 Kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan, kuat tekan terendah adalah V2 mencapai kuat tekan rata-rata 2,00 MPa. Komposisi V2 adalah *fly ash* 396 Kg/m<sup>3</sup>, NaOH 28 Kg/m<sup>3</sup>, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O 56 Kg/m<sup>3</sup>, pasir 1056 Kg/m<sup>3</sup>, kerikil 864 Kg/m<sup>3</sup> dan air 163,2 Kg/m<sup>3</sup>
9. Seperti yang ditinjau pada sub bab 3.2.5 bahwa V4 memiliki proporsi perbandingan NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O adalah 2:1, serta memiliki faktor air semen paling rendah diantara V1, V2 dan V3. Hal ini menyimpulkan semakin rendah kadar Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O dan semakin rendah faktor air semen, maka nilai kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi.
10. Hasil pengujian UPV beton semen geopolimer V4 memiliki kualitas cukup menurut sumber *International Atomic Energy Agency*, 2002 : 110. Hal tersebut didapatkan nilai 2,944 Km/s berada dalam kisaran 2,0-3,0 Km/s.
11. Beton geopolimer metode kering ini dapat diaplikasikan dengan menggunakan beton *Self Compacting Concrete*.

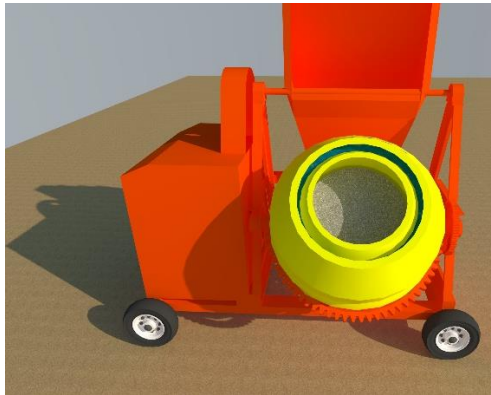
## 5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya perlu melakukan standarisasi produk semen geopolimer seperti semen portland dengan pengujian lebih lanjut, seperti: panas hidrasi, permeabilitas, porositas, dll.

2. Dalam pembuatan semen geopolimer menggunakan mesin los angeles, bola baja yang digunakan seharusnya seperti bola baja yang digunakan pada mesin *grinding*, lebih bervariasi dengan ukuran diameter 5cm, 4cm, 3cm, 2cm sebanyak 180 bola supaya butiran semen geopolimer bisa sehalus semen portland. Sedangkan standar los angeles yang digunakan untuk studi memakai 12 bola dengan beda diameter antar bola sekitar 1 27/32 inci.
3. Dalam pengujian *setting time* tetap menggunakan ASTM C191-04 tetapi ada beberapa langkah yang dimodifikasi :
  - a. Semen geopolimer tidak perlu dibentuk menjadi bola pasta semen geopolimer atau melemparkan adonan tersebut dari tangan ke tangan, jadi setelah pasta homogen segera dimasukkan ke dalam cincin ebonit karena jika pasta semen tidak segera dimasukkan ke dalam cincin ebonit pasta akan susah dimasukkan ke dalam cincin ebonit (modified : Arrahmatur Rizqi)
  - b. Pada saat pembuatan pasta semen geopolimer memerlukan sebanyak 350 gram semen geopolimer untuk memenuhi volume cincin ebonit (modified : Arrahmatur Rizqi)
4. Alat yang disarankan untuk digunakan dalam penelitian berikutnya :
  - a. Dinding mesin molen konvensional seharusnya terbuat dari plastik atau material anti lengket baik logam maupun non-logam yang kuat dan tahan

panas agar tidak terjadi reaksi antara alkali (modified : Arrahmatur Rizqi)

- b. Dinding mesin molen konvensional boleh terbuat dari besi tetapi harus dilapisi teflon, xyliton, atau diberi rongga yang diisi dengan air dingin (es batu) untuk mencegah mortar beton lengket pada dinding molen karena alkali bereaksi terhadap dinding molen. (modified : Arrahmatur Rizqi)



**Gambar 5. 1** Sketsa Molen Konvensional Diberi Rongga yang diisi dengan Air Dingin (es batu)

- c. Menggunakan *hand mixer* dengan wadah tempat adonan beton terbuat dari plastik.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

Djamaluddin, 2010, *Desain Beton Bertulang* , Penerbit Erlangga, Jakarta.

Abdullah, M. M., Razak, R. A., Yahya, Z., Hussin, K., Ming, L. Y., Young, H. C. et al. (2013). *Asas Geopolimer (Teori & Amali)* (1<sup>st</sup> ed.). Perlis: Unit Penerbitan Universiti Malaysia Perlis.

K. Turner, Louise , Frank G. Collins. 2013. *Carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub>-e) emissions: A comparison between geopolimer and OPC cement concrete*. Volume 43 : 125-130

Davidovits, J. (2008), *Geopolymer Chemistry and Applications*, 2nd edition, Geopolymer Institut, France.

Davidovits, Joseph (2011), “*Geopolymer Chemistry and Application 3<sup>rd</sup> edition*”, France : Institut Geopolymer.

Davidovits, J. (1998), *Geopolymer Chemistry and Properties, 1st European Confrence on Soft Mineralurgy*, Comiegne,france. Pp. 25-48.

Fernandez-Jimenez, A., Palomo, J.G. & Puertas, F. 1999. *Alkali activated slag mortars: mechanical strength behaviour*. Cement and Concrete Research 29: 1313-1321.

Perera, D. 2007. *Geopolymers-low energy and environementally sound materials*. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Congress on Ceramics. Freiman, S. (ed). The American Ceramic Society.

van Jaarsveld, J.G.S, van Deventer, J.S.J. & Lukey, G.C. 2002. *The effect of composition and temperature on the properties of fly ash and kaolinite based geopolymers*. Chemical Engineering Journal 89: 63-73.

van Jaarsveld, J.G.S, van Deventer, J.S.J. & Lukey, G.C. 2003. *The characterisation of source materials in fly ashbased geopolymers*. Material Letters 57: 1272-1280.

Ekaputri, J.J., & Triwulan. 2013. *Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer*. Jurnal Teknik Sipil, 20, 4-5.

Arjunan, P., Silsbee, M.L. & Roy, D.M. *Chemical activation of low calcium fly ash. Part 1: Identification of suitable activators and their dosage*. 2001 International Ash Utilization Symposium. University of Kentucky: Center for Applied Energy Research.

Fernandez-Jimenez, A. & Palomo, A. 2005. *Composition and microstructure of alkali-activated fly ash binder: effect of the activator*. Cement & Concrete Research 35: 1984-1992.

Hardjito, D. 2005. *Development and properties of low calcium fly ash based geopolymer concrete*. PhD Thesis of Civil Engineering & Computing Department. Perth: Curtin University of Technology.

Hardjito, D., Wallah, S.E., Sumajouw, D.M.J, & Rangan, B.V. 2004b. *On the development of fly ash based geopolymer concrete*. ACI Materials Journal 101: 467-472.

Bakharev, T. 2005. *Geopolymeric materials prepared using Class F fly ash and elevated temperature curing*. Cement & Concrete Research 35: 1224-1232.

Abdul Karim. 2017. *Rekayas Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash*. ITS, Surabaya

Okamura, H. and Ozawa, K. 1993. *Self-Compactable High Performance Concrete*. Detroit: American Concrete Institute.

Bernardinus H, dan Sofyan E. S. *Kajian Interval Rasio Air-Powder Beton Self-Compacting Terkait Kinerja Kekuatan Dan Flow*

Brouwers, R. 2005. *Cement and Concrete Research*.

Ardiansyah, R. 2010. *Slump Flow Test*.

Manuahe Riger, 2014. *Kuat tekan beton geopolymer berbahan dasar abu terbang (fly ash)*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Naik, T. R. and Singh, S.S., (1997):” Flowable slurry containing founadry sands”, *J. of Materials in Civil Engineering*, ASCE, Vol.9, No.2, pp. 93-102.

Wijaya, S. W. (2015). *Faktor yang Mempengaruhi Setting Time Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash*. Skripsi No: 01000202/MTS/2015. Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Naik., & Singh, S. S. (1993). *Fly Ash Generation and Utilization - An Overview. Recent Trend in Fly Ash Utilization*, (June).

Jamkar, S.S, Ghugal, Y.M, & Patankar, S.V. (2013). *Effect of Fineness of Fly Ash on Flow and Compressive Strength of Geopolymer Concrete. India*, (November 2015).

Diaz, E. I., Allouche, E. N., & Eklund, S. (2010). *Factors Affecting the Suitability of Fly Ash as Source Material for Geopolymers. Fuel*, 89(5), 992–996. doi:10.1016/j.fuel.2009.09.012

Badan Pusat Statistik-Indonesia (2004) Statistik Industri Besar dan Sedang (1), BPS Press: Jakarta

Hardjito,D. And Rangan, B.V., 2005, “*Development and Properties of Low-Calcium Abu terbang Based Geopolymer Concrete*, Research Report GC1, Faculty of Engineering, Curtin University of technology,Perth, Australia, accessdated24 Januari 2011, [http : //www.google.com /geopolymer](http://www.google.com/geopolymer).

Wallah, S.E., And Rangan, B.V., 2006, “*Low-Calcium A buter bang Based Geopolymer Concrete : Long-Term Properties*”, Research Report GC2 Faculty of Engineering, access dated 24 Januari 2011, <http://www.google.com/geopolymer>

Subakti, A 2012, *Teknologi Beton Dalam Praktek 1*, ITS Press, Surabaya

Standart Nasional Indonesia (SNI) 2000, SNI 03-6468-2000 : *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton dengan Semen*



Portland dengan Abu Terbang, PUSLITBANG Teknologi Pemukiman, Jakarta

Tjokrodinuljo, K. (2007), *Teknologi Beton*, KMTS FT UGM, Yogyakarta.

*Theory of XRF*, 2003. *Getting Acquainted with the Principles*

Wang Ai Qin., Zhang Chengzhi, Zhang Ningsheng. 1999. *The theoretic analysis of the influence of the particle size distribution of cement system on the property of cement.*

Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid I terjemahan Edisi Kelima*. Jakarta : Erlangga.

Aventus Pande. 2017. Realisasi Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Berdasarkan Metode Tekanan Hidrostatik dengan Menggunakan Sensor Fotodioda Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. Universitas Lampung.

M Das, Braja.1993. *Mekanika Tanah Jilid I*. Jakarta: Erlangga. Bab 1 Tanah dan batuan, Hal 15 -17.

Maria Estela Laoli. O.H. Kaseke, M.R.E. Manoppo, F. Jansen. 2013. Kajian Penyebab Perbedaan Nilai Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal Panas Yang Dihitung Berdasarkan Metode Marshall Dengan Yang Dicari Langsung Berdasarkan AASHTO T209. Universitas Sam Ratulangi.

ASTM C 191-04 (2004), *Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle*, United Stated.

Setiawan, A., *Self Compacting Concrete: Fenomena Baru Dunia Teknologi Beton*, 2001.

Yogie Risdianto. 2010. *Penerapan Self Compacting Concrete (SCC) Pada Beton Mutu Normal*.

International Atomic Energy Agency. 2002. *Guidebook on non-destructive testing of concrete structure*. Viena.

Lawson, K.A. Danso, H.C. Odoi, C.A. Adjei, F.K. Quashie, I.I. Mumuni, dan I.S. Ibrahim. 2011. *Non Destructive Evaluation of Concrete using Ultrasonic Pulse Velocity Research*. Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3(6), h: 499-504, 2011.ISSN: 2040-7467. Maxwell Scientific Organization.

Mohammadreza Hamidian, Ali Shariati, M. M. Arabnejad Khanouki, Hamid Sinaei, Ali Togholi, dan Karim Nouri. (2012). “*Application of Schmidt rebound hammer and ultrasonic pulse velocity techniques for structural health monitoring*” . *Scientific Research and Essays Vol. 7(21)*, h: 1997-2001, 7 Juni, 2012.

Heri Khoeri dan Faisal Ridho. 2015. “Perbandingan Mutu Beton Hasil UPV Metode *Indirect* Terhadap Mutu Beton Hasil Hammer Test Dan Core Drill”. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

M. Criado, A. Fernández-Jiménez, A. Palomo. 2010. *Alkali activation of fly ash. Part III: Effect of curing conditions on reaction and its graphical description*. Madrid, Spain.

Palomo A, Grutzeck MW, Blanco, M.T. (1999) *Alkali-activated fly ashes. A cement for the future*. Cem Concr Res 29:1323–1329

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

## BIODATA PENULIS



**Arrahmatur Rizqi**, penulis dilahirkan di Sidoarjo, 19 Februari 1996 merupakan anak pertama dari 2 besaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kludan Sidoarjo (2002-2008), SMPN 4 Sidoarjo (2008-2011), SMA Khadijah Surabaya (2011-2014). Penulis melanjutkan pendidikan Sarjana di Jurusan D4 Teknik Sipil ITS Surabaya angkatan 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000086. Selain itu penulis juga memperoleh berbagai penghargaan lomba yang telah diikuti, diantaranya: Juara 1 Lomba Beton Nasional di Politeknik Negeri Jakarta (2015), Juara Harapan 1 Lomba Beton Nasional di Universitas Atma Jaya, Yogyakarta (2016), Juara 1 Lomba Beton Nasional di Universitas Diponegoro (2017), Juara Harapan 1 Lomba Karya Tulis Ilmiah di Universitas Gajah Mada, Yogyakarta (2018), dan Partisipan International Highest Early Strength Self-Compacting Concrete Competition (Lomba Beton Berkekuatan Awal Tinggi) di UiTM, Malaysia (2016). Penulis dapat dihubungi melalui email [arrahmatur@gmail.com](mailto:arrahmatur@gmail.com)

## Result Analysis Report

**Sample Name:**  
Fly Ash Type C - Average

**Sample Source & type:**

**Sample bulk lot ref:**

**SOP Name:**  
Cement OPC

**Measured by:**  
MALVERN INSTRUMENTS

**Measured:**  
Friday, January 05, 2018 1:20:59 PM

**Analysed:**  
Friday, January 05, 2018 1:21:01 PM

**Particle Name:**  
Cement OPC

**Particle RI:**  
1.860

**Dispersant Name:**

**Accessory Name:**  
Scirocco 2000

**Absorption:**  
0.1

**Dispersant RI:**  
1.000

**Analysis model:**  
General purpose (fine)

**Size range:**  
0.020 to 2000.000  $\mu\text{m}$

**Weighted Residual:**  
0.303 %

**Sensitivity:**  
Normal

**Obscuration:**  
2.24 %

**Result Emulation:**  
On

**Concentration:**  
0.0002 %Vol

**Specific Surface Area:**  
0.729  $\text{m}^2/\text{g}$

**Span :**  
9.961

**Surface Weighted Mean D[3,2]:**  
2.255  $\mu\text{m}$

**Uniformity:**  
3.15

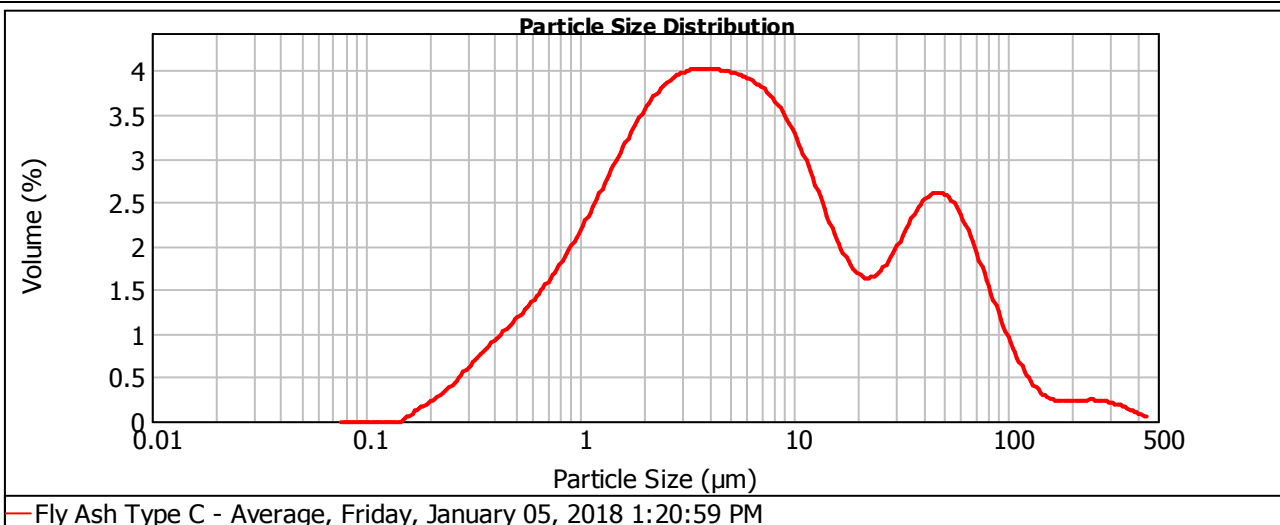
**Vol. Weighted Mean D[4,3]:**  
19.267  $\mu\text{m}$

**Result units:**  
Volume

**d(0.1):** 0.892  $\mu\text{m}$

**d(0.5):** 5.392  $\mu\text{m}$

**d(0.9):** 54.603  $\mu\text{m}$



Size ( $\mu\text{m}$ )	Vol Under %
0.500	4.24
1.000	11.53
1.046	12.18
1.487	18.20
1.500	18.37
1.505	18.44
1.716	21.14
2.000	24.56
2.500	29.98
3.000	34.65
5.000	48.04

Size ( $\mu\text{m}$ )	Vol Under %
10.000	65.04
12.181	68.97
15.000	72.37
20.000	75.93
25.000	78.33
32.000	81.36
36.000	83.07
38.000	83.92
40.000	84.74
45.000	86.72
50.000	88.52

Size ( $\mu\text{m}$ )	Vol Under %
53.000	89.51
56.000	90.41
63.000	92.24
71.000	93.88
75.000	94.55
80.000	95.26
90.000	96.35
100.000	97.10
106.000	97.44
112.000	97.71
125.000	98.12

Size ( $\mu\text{m}$ )	Vol Under %
140.000	98.43
150.000	98.57
160.000	98.68
180.000	98.85
200.000	99.01
212.000	99.10
224.000	99.18
250.000	99.36
280.000	99.54
300.000	99.64
315.000	99.70

Size ( $\mu\text{m}$ )	Vol Under %
355.000	99.85
400.000	99.94
425.000	99.97
450.000	100.00
500.000	100.00
560.000	100.00
600.000	100.00
630.000	100.00
710.000	100.00
800.000	100.00
850.000	100.00

Size ( $\mu\text{m}$ )	Vol Under %
900.000	100.00
1000.000	100.00
1120.000	100.00
1180.000	100.00
1250.000	100.00
1400.000	100.00
1600.000	100.00
1700.000	100.00
1800.000	100.00
2000.000	100.00

**Operator notes:**

## Result Analysis Report

**Sample Name:**

Ari ITS 1 - Average

**SOP Name:**

Cement OPC

**Measured:**

Tuesday, June 05, 2018 12:27:04 PM

**Sample Source & type:**
**Measured by:**

MALVERN INSTRUMENTS

**Analysed:**

Tuesday, June 05, 2018 12:27:06 PM

**Sample bulk lot ref:**
**Particle Name:**

Cement OPC

**Accessory Name:**

Scirocco 2000

**Analysis model:**

General purpose (fine)

**Sensitivity:**

Normal

**Particle RI:**

1.860

**Absorption:**

0.1

**Size range:**

0.020 to 2000.000 um

**Obscuration:**

2.22 %

**Dispersant Name:**
**Dispersant RI:**

1.000

**Weighted Residual:**

0.276 %

**Result Emulation:**

On

**Concentration:**

0.0006 %Vol

**Span :**

9.145

**Uniformity:**

2.73

**Result units:**

Volume

**Specific Surface Area:**

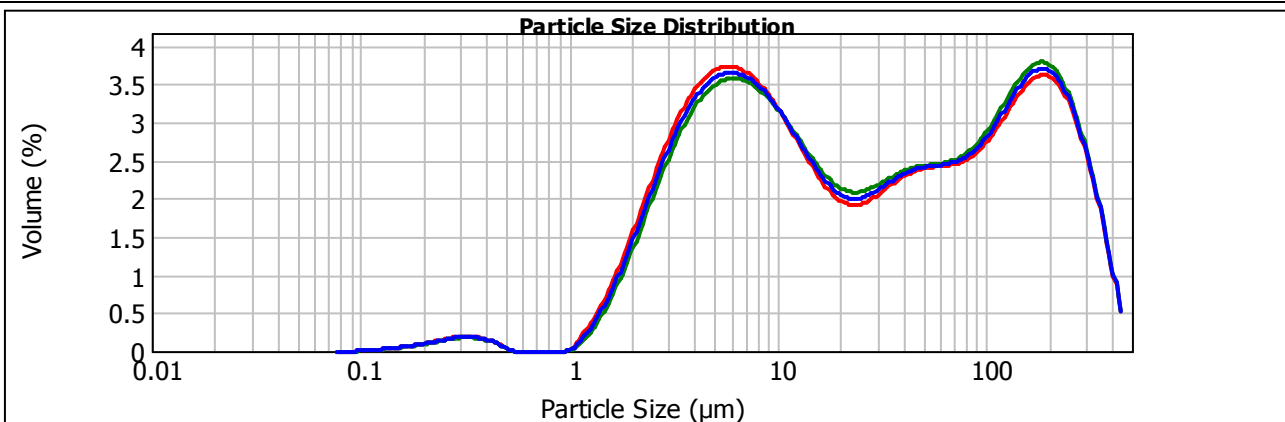
0.245 m<sup>2</sup>/g

**Surface Weighted Mean D[3,2]:**

6.710 um

**Vol. Weighted Mean D[4,3]:**

74.958 um

**d(0.1): 3.166 um**
**d(0.5): 24.526 um**
**d(0.9): 227.462 um**


— Ari ITS 1, Tuesday, June 05, 2018 12:27:04 PM  
— Ari ITS 1, Tuesday, June 05, 2018 12:27:16 PM  
— Ari ITS 1 - Average, Tuesday, June 05, 2018 12:27:04 PM

Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %
0.500	98.93	10.000	64.29	53.000	38.77	140.000	21.49	355.000	1.83	900.000	0.00
1.000	98.93	12.181	60.41	56.000	37.90	150.000	19.92	400.000	0.67	1000.000	0.00
1.046	98.93	15.000	56.84	63.000	36.02	160.000	18.42	425.000	0.31	1120.000	0.00
1.487	98.27	20.000	52.67	71.000	34.10	180.000	15.60	450.000	0.03	1180.000	0.00
1.500	98.23	25.000	49.75	75.000	33.21	200.000	13.05	500.000	0.00	1250.000	0.00
1.505	98.22	32.000	46.42	80.000	32.15	212.000	11.65	560.000	0.00	1400.000	0.00
1.716	97.54	36.000	44.72	90.000	30.16	224.000	10.35	600.000	0.00	1600.000	0.00
2.000	96.35	38.000	43.92	100.000	28.29	250.000	7.89	630.000	0.00	1700.000	0.00
2.500	93.79	40.000	43.15	106.000	27.21	280.000	5.57	710.000	0.00	1800.000	0.00
3.000	90.96	45.000	41.34	112.000	26.15	300.000	4.31	800.000	0.00	2000.000	0.00
5.000	80.26	50.000	39.69	125.000	23.94	315.000	3.51	850.000	0.00		

**Operator notes:**

## Result Analysis Report

**Sample Name:**

Ari ITS 2 - Average

**SOP Name:**

Cement OPC

**Measured:**

Tuesday, June 05, 2018 12:31:22 PM

**Sample Source & type:**
**Measured by:**

MALVERN INSTRUMENTS

**Analysed:**

Tuesday, June 05, 2018 12:31:24 PM

**Sample bulk lot ref:**
**Particle Name:**

Cement OPC

**Accessory Name:**

Scirocco 2000

**Analysis model:**

General purpose (fine)

**Sensitivity:**

Normal

**Particle RI:**

1.860

**Absorption:**

0.1

**Size range:**

0.020 to 2000.000 um

**Obscuration:**

1.99 %

**Dispersant Name:**
**Dispersant RI:**

1.000

**Weighted Residual:**

0.338 %

**Result Emulation:**

On

**Concentration:**

0.0005 %Vol

**Span :**

10.318

**Uniformity:**

3.04

**Result units:**

Volume

**Specific Surface Area:**

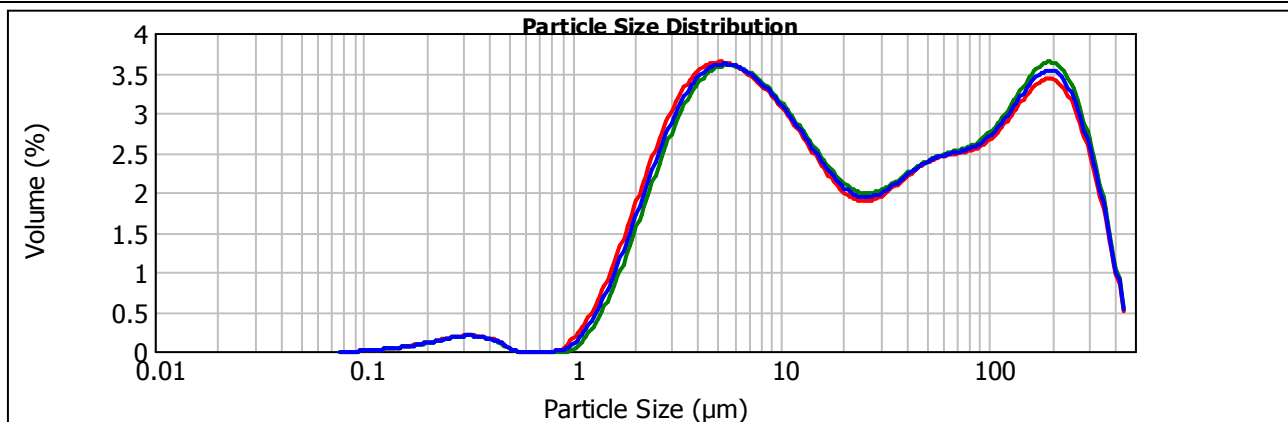
0.263 m<sup>2</sup>/g

**Surface Weighted Mean D[3,2]:**

6.247 um

**Vol. Weighted Mean D[4,3]:**

72.909 um

**d(0.1): 2.920 um**
**d(0.5): 21.628 um**
**d(0.9): 226.077 um**


— Ari ITS 2, Tuesday, June 05, 2018 12:31:22 PM  
 — Ari ITS 2, Tuesday, June 05, 2018 12:31:34 PM  
 — Ari ITS 2 - Average, Tuesday, June 05, 2018 12:31:22 PM

Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %
0.500	98.87	10.000	62.69	53.000	37.65	140.000	20.76	355.000	1.82	900.000	0.00
1.000	98.85	12.181	58.86	56.000	36.78	150.000	19.30	400.000	0.67	1000.000	0.00
1.046	98.82	15.000	55.27	63.000	34.89	160.000	17.89	425.000	0.31	1120.000	0.00
1.487	97.88	20.000	51.04	71.000	32.94	180.000	15.23	450.000	0.03	1180.000	0.00
1.500	97.84	25.000	48.15	75.000	32.04	200.000	12.80	500.000	0.00	1250.000	0.00
1.505	97.82	32.000	44.99	80.000	30.97	212.000	11.46	560.000	0.00	1400.000	0.00
1.716	96.98	36.000	43.40	90.000	28.99	224.000	10.21	600.000	0.00	1600.000	0.00
2.000	95.56	38.000	42.65	100.000	27.17	250.000	7.80	630.000	0.00	1700.000	0.00
2.500	92.63	40.000	41.91	106.000	26.14	280.000	5.52	710.000	0.00	1800.000	0.00
3.000	89.49	45.000	40.18	112.000	25.13	300.000	4.28	800.000	0.00	2000.000	0.00
5.000	78.33	50.000	38.56	125.000	23.05	315.000	3.48	850.000	0.00		

**Operator notes:**



## Result Analysis Report

**Sample Name:**

Ari ITS 3 - Average

**SOP Name:**

Cement OPC

**Measured:**

Tuesday, June 05, 2018 12:34:31 PM

**Sample Source & type:**
**Measured by:**

MALVERN INSTRUMENTS

**Analysed:**

Tuesday, June 05, 2018 12:34:32 PM

**Sample bulk lot ref:**
**Particle Name:**

Cement OPC

**Accessory Name:**

Scirocco 2000

**Analysis model:**

General purpose (fine)

**Sensitivity:**

Normal

**Particle RI:**

1.860

**Absorption:**

0.1

**Size range:**

0.020 to 2000.000 um

**Obscuration:**

1.61 %

**Dispersant Name:**
**Dispersant RI:**

1.000

**Weighted Residual:**

0.344 %

**Result Emulation:**

On

**Concentration:**

0.0006 %Vol

**Span :**

8.216

**Uniformity:**

2.47

**Result units:**

Volume

**Specific Surface Area:**

0.18 m<sup>2</sup>/g

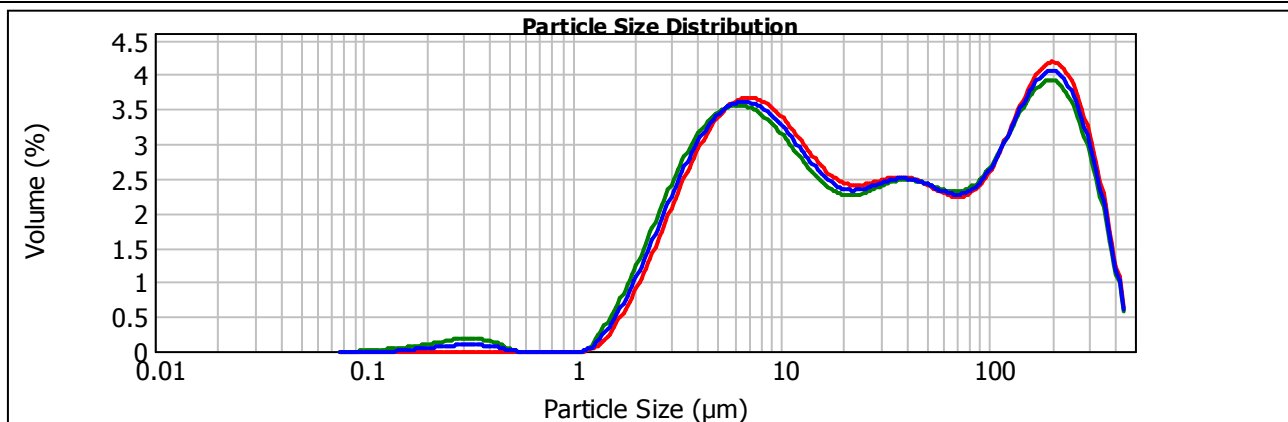
**Surface Weighted Mean D[3,2]:**

9.132 um

**Vol. Weighted Mean D[4,3]:**

80.865 um

**d(0.1): 3.750 um** **d(0.5): 28.872 um** **d(0.9): 240.966 um**



— Ari ITS 3, Tuesday, June 05, 2018 12:34:31 PM  
 — Ari ITS 3, Tuesday, June 05, 2018 12:34:45 PM  
 — Ari ITS 3 - Average, Tuesday, June 05, 2018 12:34:31 PM

Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %	Size (µm)	Vol Over %
0.500	99.51	10.000	68.11	53.000	40.21	140.000	23.83	355.000	2.12	900.000	0.00
1.000	99.51	12.181	64.07	56.000	39.36	150.000	22.22	400.000	0.79	1000.000	0.00
1.046	99.51	15.000	60.26	63.000	37.58	160.000	20.65	425.000	0.36	1120.000	0.00
1.487	99.29	20.000	55.63	71.000	35.80	180.000	17.64	450.000	0.03	1180.000	0.00
1.500	99.27	25.000	52.23	75.000	34.99	200.000	14.86	500.000	0.00	1250.000	0.00
1.505	99.26	32.000	48.36	80.000	34.02	212.000	13.31	560.000	0.00	1400.000	0.00
1.716	98.85	36.000	46.45	90.000	32.21	224.000	11.87	600.000	0.00	1600.000	0.00
2.000	98.04	38.000	45.57	100.000	30.48	250.000	9.09	630.000	0.00	1700.000	0.00
2.500	96.08	40.000	44.73	106.000	29.46	280.000	6.44	710.000	0.00	1800.000	0.00
3.000	93.74	45.000	42.82	112.000	28.46	300.000	5.00	800.000	0.00	2000.000	0.00
5.000	84.04	50.000	41.13	125.000	26.30	315.000	4.07	850.000	0.00		

**Operator notes:**



PHENOMWORLD

# 3000x edx

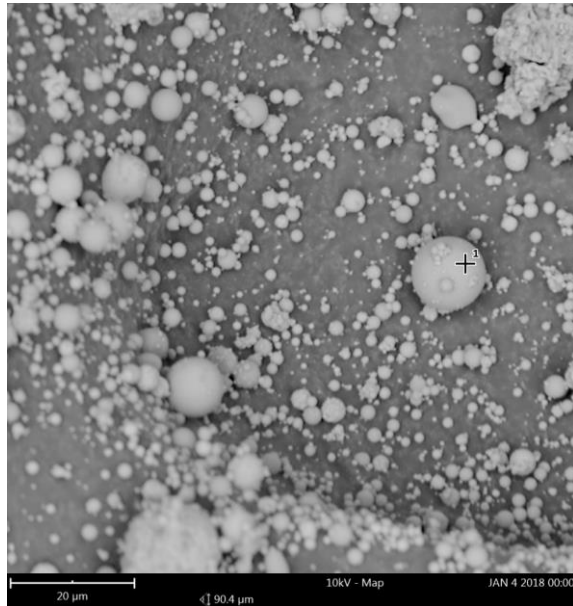
Contains 1 image with a total of 2 analyses

**01. Image 2**

2 analyses: 2x spot

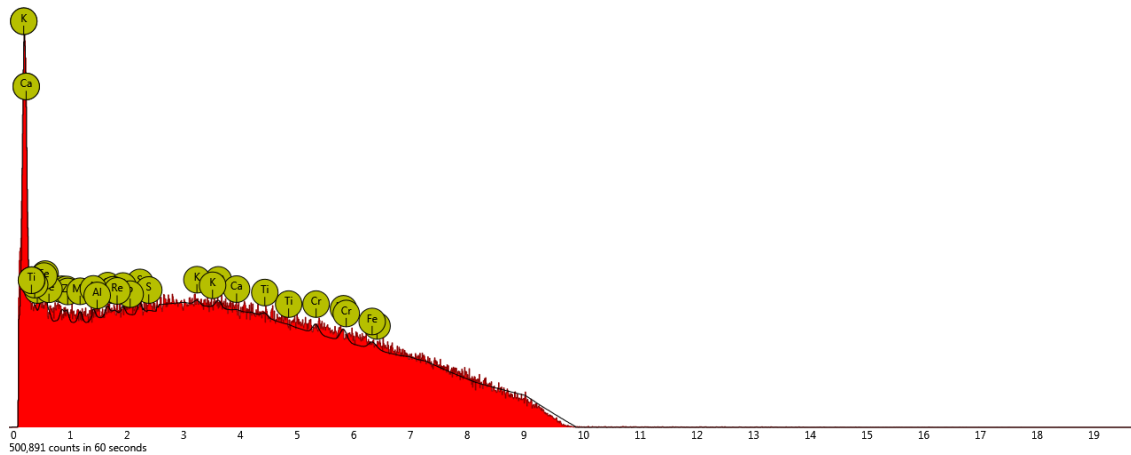
## Image 2

### 1. spot



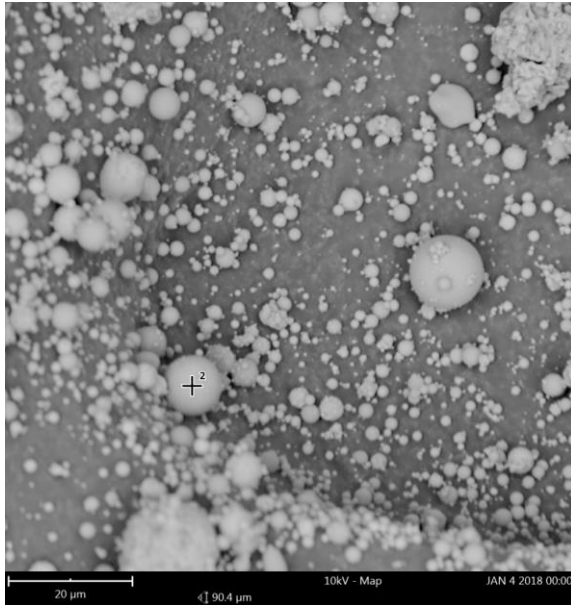
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
25	Mn	Manganese	19.35	21.09
26	Fe	Iron	16.84	18.66
24	Cr	Chromium	11.74	12.11
29	Cu	Copper	8.90	11.23
12	Mg	Magnesium	7.40	3.57
30	Zn	Zinc	6.15	7.97
16	S	Sulfur	5.33	3.39
20	Ca	Calcium	4.72	3.75
14	Si	Silicon	4.22	2.35
15	P	Phosphorus	4.00	2.46
13	Al	Aluminium	3.92	2.10
22	Ti	Titanium	3.36	3.19
19	K	Potassium	2.35	1.83
75	Re	Rhenium	1.71	6.31

FOV: 90.4 μm, Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:00



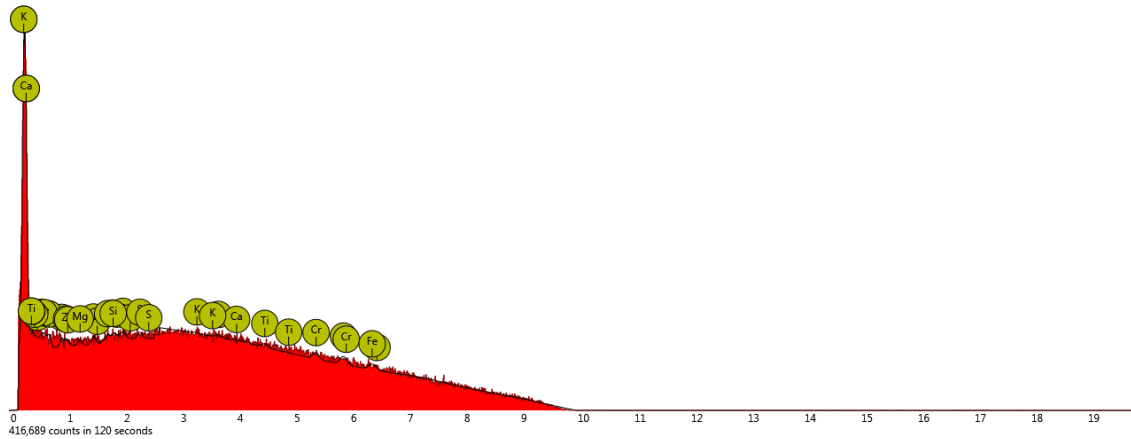
Disabled elements: Os

## 2. spot



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
26	Fe	Iron	19.38	20.48
25	Mn	Manganese	18.29	19.01
24	Cr	Chromium	11.58	11.39
29	Cu	Copper	11.20	13.47
12	Mg	Magnesium	5.94	2.73
13	Al	Aluminium	5.47	2.79
15	P	Phosphorus	5.01	2.93
22	Ti	Titanium	4.36	3.95
30	Zn	Zinc	4.34	5.37
14	Si	Silicon	4.08	2.17
16	S	Sulfur	3.99	2.42
75	Re	Rhenium	3.07	10.81
20	Ca	Calcium	2.22	1.69
19	K	Potassium	1.07	0.79

FOV: 90.4 μm, Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:00





PHENOMWORLD

# 5000x edx

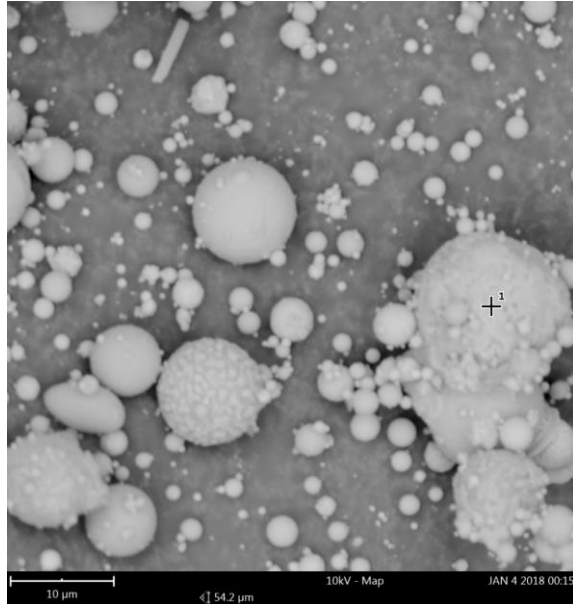
Contains 1 image with a total of 2 analyses

**01. Image 1**

2 analyses: 2x spot

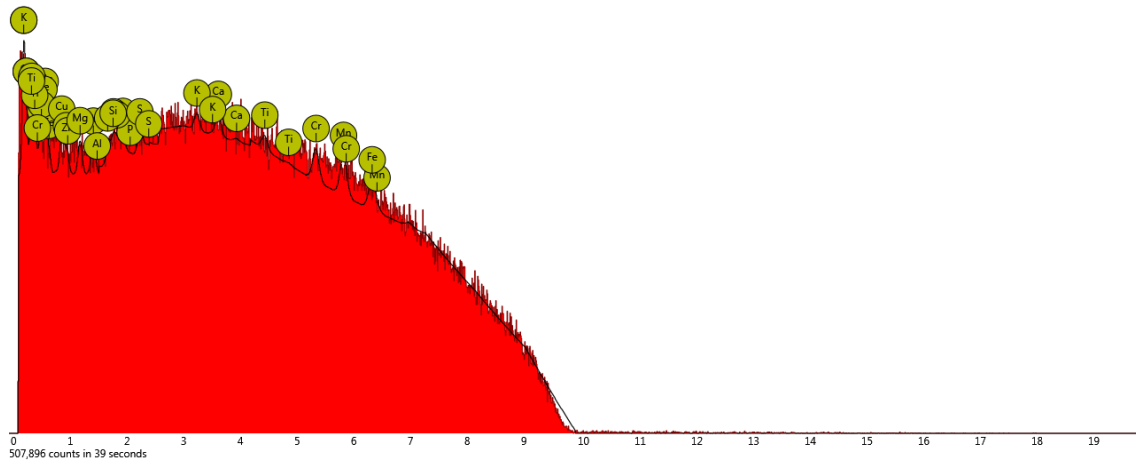
# Image 1

## 1. spot



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
26	Fe	Iron	22.27	24.02
25	Mn	Manganese	19.45	20.64
24	Cr	Chromium	12.08	12.13
29	Cu	Copper	9.46	11.62
12	Mg	Magnesium	6.98	3.28
30	Zn	Zinc	4.96	6.26
13	Al	Aluminium	4.71	2.45
20	Ca	Calcium	4.07	3.15
22	Ti	Titanium	3.50	3.23
15	P	Phosphorus	3.23	1.93
16	S	Sulfur	2.98	1.85
19	K	Potassium	2.70	2.04
14	Si	Silicon	1.84	1.00
75	Re	Rhenium	1.78	6.39

FOV: 54.2 µm, Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:15



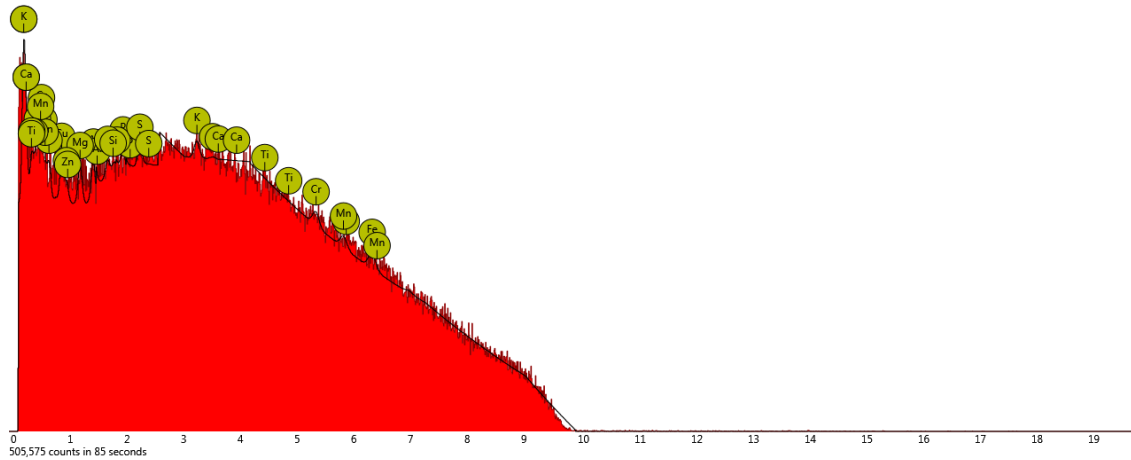
Disabled elements: B, Os

## 2. spot



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
26	Fe	Iron	19.43	21.92
29	Cu	Copper	14.48	18.59
12	Mg	Magnesium	12.40	6.09
13	Al	Aluminium	9.71	5.29
24	Cr	Chromium	8.62	9.05
25	Mn	Manganese	8.59	9.54
15	P	Phosphorus	6.12	3.83
30	Zn	Zinc	4.97	6.57
19	K	Potassium	4.57	3.61
16	S	Sulfur	4.33	2.80
14	Si	Silicon	4.02	2.28
75	Re	Rhenium	2.78	10.44
20	Ca	Calcium	0.00	0.00
22	Ti	Titanium	0.00	0.00

FOV: 54.2 μm, Mode: 10kV - Map, Detector: BSD Full, Time: JAN 4 2018 00:15



Disabled elements: B

## Percobaan Kelembaban Pasir (ASTM C 5566 – 89)

### I. Tujuan

Untuk mengetahui/menentukan kelembaban pasir dengan cara kering.

### II. Alat dan Tujuan

#### 1. Alat

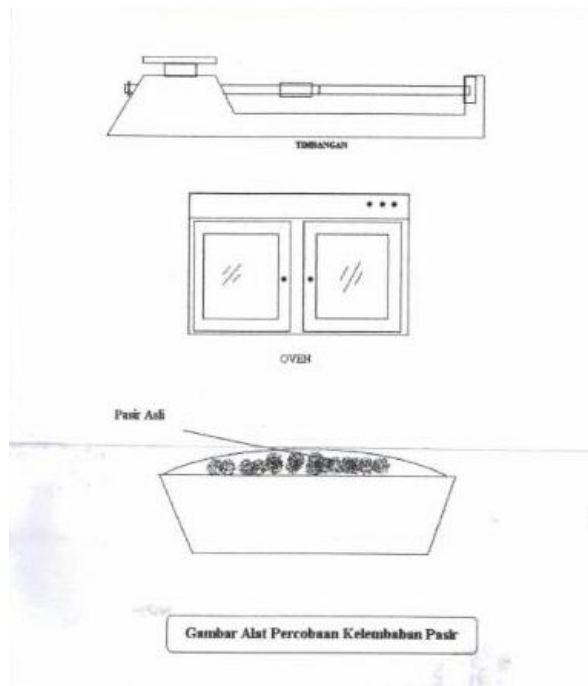
- Timbangan analitis.
- Oven pemanas.
- Pan atau cawan, terbuat dari porselin atau logam tahan karat.

#### 2. Bahan

- Pasir dalam keadaan asli

### III. Prosedur Pelaksanaan

1. Timbang pasir kondisi SSD sebanyak 500 gram ( $W_1$ ).
2. Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam, dengan temperatur  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
3. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan.
4. Pasir ditimbang beratnya ( $W_2$ ).



### IV. Hasil

*Kelembaban Pasir :*

$$\frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\% = \frac{(500 - 485,8)}{485,8} \times 100\% = 2,923\%$$

Dengan :

$W_1$  = Berat benda uji semula (gram).

$W_2$  = Berat benda uji kering oven (gram).



## Percobaan Berat Jenis Pasir (ASTM C 128 – 93)

### I. Tujuan

Menentukan berat jenis pasir / agregat halus pada kondisi kering permukaan.

### II. Alat dan Bahan

#### 1. Alat

- Timbangan analitis.
- Piknometer dengan kapasitas 1000cc.
- Pan atau cawan yang terbuat dari porselin atau logam tahan karat.
- Kerucut terpancung dan rojokan.

#### 2. Bahan

- Pasir yang telah lolos ayakan no 1 dan dibuat dalam keadaan permukaan kering (SSD).
- Pasir sebanyak  $\pm 1000$  gram.

### III. Prosedur Pelaksanaan

#### 1. Penyiapan pasir untuk kondisi SSD :

- a. Rendam pasir 24 jam di dalam bak perendam, selanjutnya angkat dan tiriskan hingga airnya hilang.
- b. Keringkan di bawah terik matahari dan dibolak-balik dengan sendok untuk mendapatkan kondisi SSD.
- c. Tempatkan kerucut SSD pada bidang datar atau diatas pan.
- d. Masukkan benda uji kedalam kerucut terpacung sedikit demi sedikit dalam tiga lapis, pada masing-masing lapisan ditumbuk sebanyak delapan kali, ditambah satu kali penumbukan untuk lapisan atas ( total penumbukan sebanyak 25 kali ).
- e. Ratakan permukaannya dan angkat cetakan kerucut terpacung tegak lurus ke atas secara perlahan-lahan.
- f. Periksa bentuk agregat hasil cetakan setelah kerucut diangkat, keadaan jenuh permukaan kering/SSD tercapai, jika benda uji akan runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.

#### 2. Penentuan berat jenis pasir :

- a. Timbang agregat dalam kondisi SSD sebanyak 500 gram lalu masukkan ke dalam piknometer.
- b. Isi piknometer yang berisi pasir dengan air.
- c. Pegang piknometer dalam posisi miring, putar ke arah kiri dan kanan hingga gelembung-gelembung udara di dalam pasir keluar.
- d. Setelah gelembung-gelembung keluar, tambahkan air kembali hingga batas kapasitas piknometer.
- e. Timbang piknometer berisi air dan benda uji ( $W_1$ ).
- f. Bersihkan piknometer dari pasir dan air yang sudah ditimbang.
- g. Isi kembali piknometer dengan air sampai pada tanda batas, kemudian timbang beratnya ( $W_2$ ).

### IV. Hasil

Berat jenis pasir :

$$\frac{500 \text{ gr}}{(500 \text{ gr} + W_2) - W_1} = \frac{500 \text{ gr}}{(500 \text{ gr} + 1260) - 1572} = 2,66$$

Dengan :

$W_1$  = Berat piknometer + pasir + air (gram)

$W_2$  = Berat piknometer + air (gram)

## Percobaan Air Resapan Pasir (ASTM C 128 – 93)

### I. Tujuan

Untuk menentukan kadar air resapan di dalam pasir

### II. Alat dan Bahan

#### 1. Alat

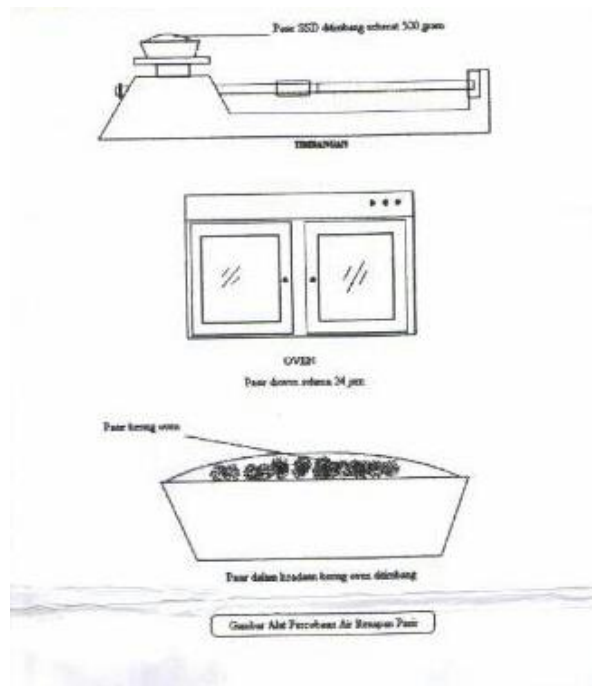
- Timbangan otomatis.
- Oven pemanas.
- Pan atau cawan terbuat dari porselin atau logam tahan karat.

#### 2. Bahan

- Pasir kondisi SSD

### III. Prosedur Pelaksanaan

1. Timbang pasir kondisi SSD sebanyak 500 gram ( $W_1$ ).
2. Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam, dengan temperatur  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
3. Pasir dikeluarkan dari oven setelah 24 jam.
4. Dinginkan dan timbang beratnya ( $W_2$ ).



### IV. Hasil

Kadar air resapan :

$$\frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100\% = \frac{(500 - 492,7)}{492,7} \times 100\% = 1,481\%$$

Dengan :

$W_1$  = Berat pasir SSD (gram)

$W_2$  = Berat pasir oven (gram)

## Analisa Ayakan Pasir (ASTM C 136 – 95 A)

### I. Tujuan

Untuk menentukan distribusi ukuran butiran/gradasi agregat halus.

### II. Alat dan Bahan

#### 1. Alat

- Ayakan dengan 7 (tujuh) tingkat :
  - a. No. 1 berdiameter 4,75 mm.
  - b. No. 2 berdiameter 2,36 mm.
  - c. No. 3 berdiameter 1,19 mm.
  - d. No. 4 berdiameter 0,59 mm.
  - e. No. 5 berdiameter 0,297 mm.
  - f. No. 6 berdiameter 0,149 mm.
  - g. No. 7 ayakan tertutup (pan)
- Timbangan analitis.
- Loyang.
- Alat penggetar listrik.

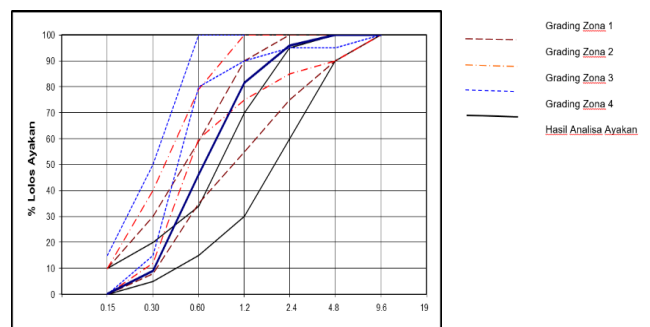
#### 2. Bahan

- Pasir kering oven sebesar 1000 gram.

### III. Prosedur Pelaksanaan

1. Timbang pasir kondisi kering oven sebanyak 100 gram.
2. Ambil ayakan, urutkan dan pasangkan mulai diameter terbesar hingga yang terkecil.
3. Masukkan pasir secara perlahan-lahan pada ayakan teratas (diameter terbesar).
4. Tutup ayakan dengan rapat dan letakkan pada mesin penggetar.
5. Atur waktu 10 menit dalam proses penggetaran.
6. Setelah mesin mati berhenti, ambil ayakan.
7. Timbanglah pasir yang tertinggal pada masing-masing ayakan dan kemudian catat hasilnya pada formulir.
8. Hitunglah kembali hasil dari berat pasir.

Lubang Ayakan inc/mm	Pasir 500 Gram			Persen Tembus Kumulatif
	Gram	%	E %	%
4,76	0	0,00	0,00	100
2,38	20	4,02	4,02	95,98
1,19	72,0	14,46	18,47	81,53
0,59	176,0	35,34	53,82	46,18
0,297	185	37,15	90,96	9,04
0,149	4	8,84	99,80	0,20
0	1,0	0,20		
Jumlah	498	100,00	267,07	
	FKr =	2,67		



## Percobaan Kelembaban Batu Pecah (ASTM C 56 – 89)

### I. Tujuan

Untuk mengetahui/menentukan kelembaban batu pecah dengan cara kering.

### II. Alat dan Tujuan

#### 1. Alat

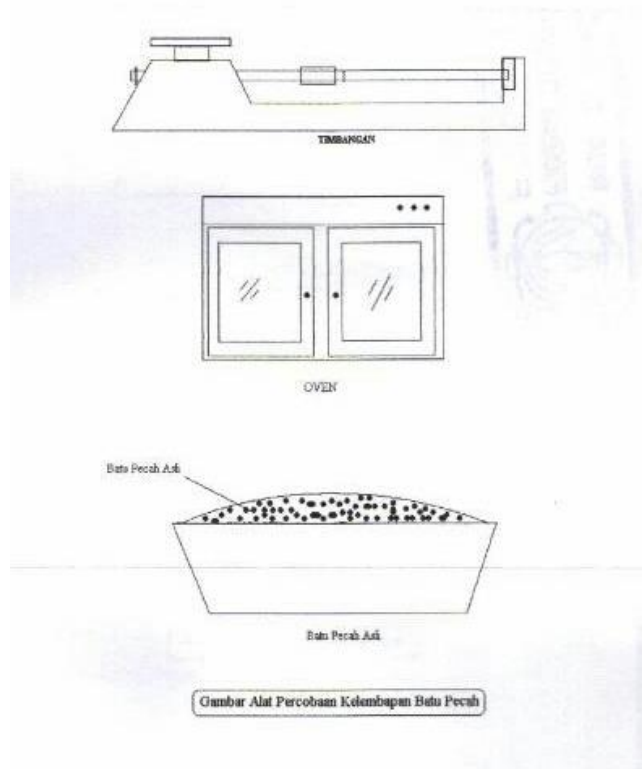
- Timbangan 2600 gram.
- Oven pemanas.
- Pan atau cawan, terbuat dari porselin atau logam tahan karat.

#### 2. Bahan

- Kerikil dalam keadaan asli

### III. Prosedur Pelaksanaan

1. Kerikil dalam keadaan asli ditimbang sebanyak 500 gram ( $W_1$ ).
2. Kerikil dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam, dengan temperatur  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
3. Keluarkan kerikil dari oven, dinginkan.
4. Kerikil ditimbang beratnya ( $W_2$ ).



### IV. Hasil

Kelembaban Batu Pecah :

$$\frac{(W_2 - W_1)}{W_2} \times 100\% = \frac{(1000 - 980)}{980} \times 100\% = 2,041\%$$

Dengan :

$W_1$  = Berat benda uji semula (gram).

$W_2$  = Berat benda uji kering oven (gram)

## Percobaan Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127 – 88 Reapp. 93)

### I. Tujuan

Menentukan berat jenis kerikil pada kondisi kering permukaan.

### II. Alat dan Bahan

#### 1. Alat

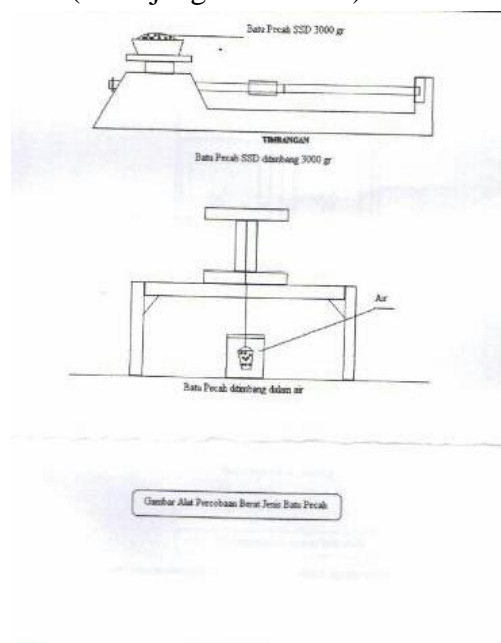
- Timbangan 2600 gram.
- Oven pemanas.
- Keranjang kawat tergantung pada timbangan.
- Kain lap atau karung goni.
- Pan atau cawan terbuat dari porselin atau logam tahan karat.

#### 2. Bahan

- Batu pecah/kerikil kondisi SSD (kering permukaan).

### III. Prosedur Pelaksanaan

1. Rendam kerikil 24 jam di dalam bak perendam, kemudian angkat dan dilap satu per satu hingga setengah kering.
2. Timbang kerikil sebanyak 3000 gram.
3. Masukkan keranjang yang berisi kerikil SSD ke dalam bak air.
4. Timbanglah berat dalam air (keranjang dan kerikil).



### IV. Hasil

Berat Jenis Batu Pecah :

$$\frac{W_1}{(W_1 - W_2)} = \frac{3000}{(3000 - 1907)} = 2,745 \text{ t/m}^3$$

Dengan :

$W_1$  = Berat kerikil di udara (gram)

$W_2$  = Berat kerikil di air (gram)

## Percobaan Air Resapan Batu Pecah (*ASTM C 127 – 88 Reapp. 93*)

### I. Tujuan

Untuk menentukan kadar air resapan kerikil.

### II. Alat dan Bahan

#### 1. Alat

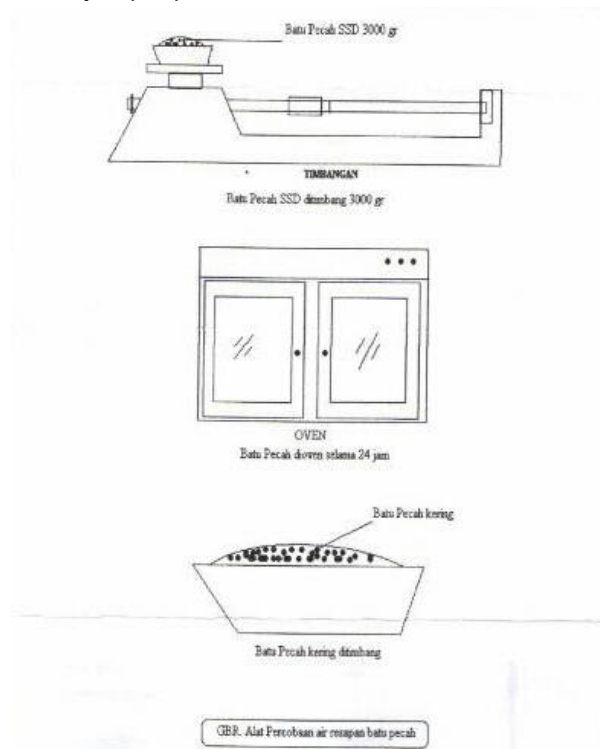
- Timbangan analitis.
- Oven pemanas.

#### 2. Bahan

- Batu pecah/kerikil kondisi SSD.

### III. Prosedur Pelaksanaan

1. Timbang kerikil kondisi SSD sebanyak 3000 gram.
2. Masukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
3. Keluarkan kerikil dari oven, didinginkan.
4. Kerikil ditimbang beratnya ( $W_1$ ).



### IV. Hasil

*Kadar Air Resapan Batu Pecah :*

$$\frac{(3000\text{gr} - W_1)}{W_1} \times 100\% = \frac{(3000\text{gr} - 2920)}{2920} \times 100\% = 2,7397\%$$

Dengan :

$W_1$  = Berat kerikil oven (gram)

## **Analisa Ayakan Agregat kasar (ASTM C 136 – 95 A)**

### **I. Tujuan**

Untuk menentukan distribusi ukuran butiran/gradasi agregat kasar.

### **II. Alat dan Bahan**

1. Alat
  - Ayakan dengan 7 (tujuh) tingkat :
    - a. No. 1 berdiameter 38,1mm.
    - b. No. 2 berdiameter 19 mm.
    - c. No. 3 berdiameter 3/8 (inc) mm.
    - d. No. 4 berdiameter 4,75 mm.
    - e. No. 5 berdiameter 2,36 mm.
    - f. No. 6 berdiameter 1,18 mm.
    - g. No. 7 berdiameter 0,6 mm.
    - h. No. 8 berdiameter 0,3 mm.
    - i. No. 9 berdiameter 0,15 mm.
    - j. No. 7 ayakan tertutup (pan)
  - Timbangan analitis.
  - Loyang.
  - Alat penggetar listrik.
2. Bahan
  - Agregat kasar kering oven sebesar 1600 gram.

### **III. Prosedur Pelaksanaan**

1. Timbang Agregat kasar kondisi kering oven sebanyak 1600 gram.
2. Ambil ayakan, urutkan dan pasangkan mulai diameter terbesar hingga yang terkecil.
3. Masukkan Agregat kasar secara perlahan-lahan pada ayakan teratas (diameter terbesar).
4. Tutup ayakan dengan rapat dan letakkan pada mesin penggetar.
5. Atur waktu 10 menit dalam proses penggetaran.
6. Setelah mesin mati berhenti, ambil ayakan.
7. Timbanglah Agregat kasar yang tertinggal pada masing-masing ayakan dan kemudian catat hasilnya pada formulir.
8. Hitunglah kembali hasil dari berat Agregat kasar

#### IV. Hasil

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Berat tembus kumulatif (%)
33,1	0	0	0	100
19	60	0,375	0,375	99,625
9,53	5000	31,25	31,625	68,375
4,75	8530	53,3125	84,9375	15,0625
2,36	2000	12,5	97,4375	2,5625
1,18	280	1,75	99,1875	0,8125
0,6	80	0,5	99,6875	0,3125
0,3	30	0,1875	99,875	0,125
0,15	20	0,125	100	0
Sisa	0	0	-	
JUMLAH	16000	100	613	-
Modulus halus butir kerikil (FM) =				6,13125



- Tanggal : 6 Desember 2018

Tempat : Toko PT. Brataco Jl. Tidar No. 89

Kegiatan : Membeli 1 botol sodium silikat (water glass)

- Tanggal : 4 Januari 2018

Tempat :

1. Toko UD. Utama Kimia Jl. Tidar No. 268
2. Toko Indo Kimia Jl. Tidar No. 278

Kegiatan :

1. Membeli 1 kg sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )
2. Membeli 1 kg NaOH (soda api)

- Tanggal : 9 Februari 2018

Tempat :

1. Toko Lancar Jl. Pucang Sawit No. 19
2. Toko UD. Utama Kimia Jl. Tidar No. 268

Kegiatan :

1. Membeli plastik klip 30x40
2. Membeli 5 kg NaOH (soda api)

➤ Tanggal : 12 Februari 2018

Tempat : Lab Jalan Depertemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Penghalusan semen geopolimer pertama kalinya menggunakan mesin los angeles dengan 1000x putaran atau 37 menit 36 detik. Dibagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5 inci). Dimasukan bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 cm (1 27/32 inci) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 455 gram dan jumlah bola baja sebanyak 12 biji. Dalam sekali penghalusan berat total semuanya hanya 5000 gr. Komposisi semen geopolimer sebagai berikut :

Variabel	Fly Ash (gr)	NaOH (gr)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gr)	Jumlah (gr)
1	3500	428,6	1071,4	5000
2	4125	291,7	583,3	5000

a. Kendala

- Stop kontak mesin los angeles kurang bagus.
- Pembersihan semen geopolimer yang menempel pada bola baja sulit menggunakan air biasa.

b. Solusi

- Harus menggunakan sarung tangan waktu menyambungkan alat los angeles ke sumber listrik.
- Bola baja disikat dengan menggunakan sikat kasar satu persatu didalam air.

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 14 Februari 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian waktu ikat semen geopolimer dengan komposisi semen geopolimer V1 dan V2

a. Kendala

- Pada saat pasta semen geopolimer dibentuk menjadi bola pasta semen geopolimer atau melemparkan adonan tersebut dari tangan ke tangan lengket terhadap sarung tangan.
- Pada saat pembuatan pasta semen geopolimer 250 gram ternyata kurang memenuhi cincin ebonit

b. Solusi

- Pasta semen geopolimer tidak usah dibentuk menjadi bola pasta semen geopolimer atau melemparkan adonan tersebut dari tangan ke tangan, jadi setelah pasta homogen langsung

dimasukkan ke dalam cincin ebonit (modified : Arrahmatur Rizqi)

- Pada saat pembuatan pasta semen geopolimer diperlukan sebanyak 350 gram semen geopolimer untuk memenuhi cincin ebonit (modified : Arrahmatur Rizqi)

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 19 Februari 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pembuatan benda uji beton silinder ukuran 10x20 cm masing-masing 4 silinder pada variabel V1 dan V2. Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara manual untuk mengetahui karakteristiknya terlebih dahulu. Dengan komposisi proporsi campuran sebagai berikut :

Variabel	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	Kerikil (kg/m <sup>3</sup> )	Air (kg/m <sup>3</sup> )	FAS
1	480	768	1152	96	0,2
2	480	768	1152	96	0,2

a. Kendala

- Baut bekisting banyak yang hilang dan rusak
- Banyak bekisting yang bukan pasangannya
- Pasir terlalu banyak
- Terkena hujan gerimis
- *Safety factor* 20% terlalu banyak

b. Solusi

- Memperbaiki baut yang hilang dan rusak pada bekisting
- Memberi tanda pada bekisting agar cocok pada pasangannya
- Memperkecil komposisi perbandingan antara pasir dan kerikil
- Pembuatan benda uji dilakukan ditempat yang tidak terkena hujan
- *Safety factor* kurang dari 20%

Dokumentasi :



Tanggal : 21 Februari 2018

Tempat : : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pelepasan benda uji beton umur 2 hari bekisting silinder 10x20 cm, hanya 2 silinder

a. Kendala

- Benda uji belum cukup kering
- Benda uji sebagian menempel pada dinding bekisting

b. Solusi

- Benda uji diberi waktu umur lebih 2 hari sebelum dilepas dari bekisting
- Bekisting dilumuri oli lebih banyak lagi dan memilih oli yang lebih baik

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 26 Februari 2018

Tempat : Lab Jalan Depertemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Penghalusan semen geopolimer kali ini tidak menggunakan 1000x putaran atau 37 menit 36 detik karena dirasa cukup lama. Akan tetapi, antara 500x dengan 1000x putaran memiliki butir kehalusan yang sama. Sehingga penghalusan semen geopolimer menggunakan mesin los angeles dengan 500x putaran atau 18 menit 48 detik. Komposisi semen geopolimer sebagai berikut :

Variabel	Fly Ash (gr)	NaOH (gr)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gr)	Jumlah (gr)
3	4250	250	500	5000
4	4000	333.3	666.7	5000

a. Kendala

- Alat hanya bisa digunakan pukul 15.15 – 17.00 WIB

b. Solusi

- Menggunakan alat dengan efisiensi

Dokumentasi : -

➤ Tanggal : 27 Februari 2018

Tempat : Lab Jalan Depertemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Penghalusan semen geopolimer V5, V6 dan V7 menggunakan mesin los angeles tata cara sama sebelumnya.  
Komposisi semen geopolimer sebagai berikut :

Variabel	Fly Ash (gr)	NaOH (gr)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gr)	Jumlah (gr)
5	4000	307,7	692,3	5000
6	4125	269,2	605,8	5000
7	4250	230,8	519,2	5000

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 28 Februari 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Penghalusan semen geopolimer V8, V9 dan V10 menggunakan mesin los angeles tata cara sama



sebelumnya. Komposisi semen geopolimer sebagai berikut :

Variabel	Fly Ash (gr)	NaOH (gr)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gr)	Jumlah (gr)
8	4000	285,7	714,3	5000
9	4125	250,0	625,0	5000
10	4250	214,3	535,7	5000

2. Melepas 6 bekisting sisanya yang sudah dibuat pada tanggal 19 Februari

a. Kendala

- Benda uji beton lengket pada dinding bekisting
- 1 benda uji beton pecah dan menempel pada bekisting

b. Solusi

- Memberi dan mengolesi lebih banyak oli dan lebih merata pada dinding bekisting
- Ternyata oli yang digunakan tertukar dengan obat anti rayap

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 1 Maret 2018

Tempat : Lab Jalan Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Penghalusan semen geopolimer V11, V12 dan V13 menggunakan mesin los angeles tata cara sama sebelumnya.  
Komposisi semen geopolimer sebagai berikut :

Variabel	Fly Ash (gr)	NaOH (gr)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gr)	Jumlah (gr)
11	4000	266,7	733,3	5000
12	4125	233,3	641,7	5000
13	4250	200,0	550,0	5000

➤ Tanggal : 2 Maret 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Penghalusan semen geopolimer V14, V15 dan V16 menggunakan mesin los angeles tata cara sama sebelumnya. Komposisi semen geopolimer sebagai berikut :

Variabel	Fly Ash (gr)	NaOH (gr)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gr)	Jumlah (gr)
14	4000	250,0	750,0	5000
15	4125	218,8	656,2	5000
16	4250	187,5	562,5	5000

2. Curing benda uji beton 7 silinder 10x20 cm yang dibuat pada 19 Februari

Dokumentasi : -

➤ Tanggal : 6 Maret 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Menyiapkan bekisting silinder 10x20 cm sebanyak 16 silinder

a. Kendala

- Baut bekisting banyak yang hilang dan rusak
- Banyak bekisting yang bukan pasangannya

b. Solusi

- Memperbaiki baut yang hilang dan rusak pada bekisting
- Memberi tanda pada bekisting agar cocok pada pasangannya

Dokumentasi : -

➤ Tanggal : 7 Maret 2018

Tempat :

1. Toko Bangunan UD. Sinar Terang Jl. Manyar No. 38
2. Toko Pond Jl. Menur No. 127

### 3. Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Membeli 1 gledok agregat kasar (kerikil)
2. Membeli rafia dan *cutter*
3. *Mixing* variabel V3 sebanyak 4 silinder ukuran 10x20 cm menggunakan molen konvensional
  - a. Kendala
    - Mortar lengket pada dinding molen
    - Tidak ada teman yang membantu
    - Hujan tidak berhenti mulai siang sampai malam hari hanya berhenti 1 jam pada pukul 14.30 WIB
  - b. Solusi
    - Belum menemukan solusi yang tepat untuk mortar yang menempel pada dinding molen
    - Menyesuaikan dan meminta tolong ke teman dengan mencocokkan jadwalnya
    - Memindahkan bekisting dan molen tempat *mixing* ke tempat yang tidak terkena hujan

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 8 Maret 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : *Mixing* variabel V4, V5 dan V6 masing-masing 4 silinder ukuran 10x20 cm menggunakan molen konvensional.

a. Kendala

- Mortar lengket pada dinding molen seperti pada sebelumnya
- Jika mortar lengket pada dinding mortar maka dinding mortar terasa panas karena reaksi kimia dari alkali semen geopolimer

b. Solusi

- Mengubah urutan memasukan material ke dalam mesin molen
- Mengatur agar setelah air terakhir dimasukkan untuk tidak sampai melebihi lebih dari 45 detik karena jika air sudah dimasukkan kemudian molen diputar selama lebih dari 1 menit maka mortar mulai lengket terhadap dinding molen dan dinding molen menjadi panas

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 12 Maret 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

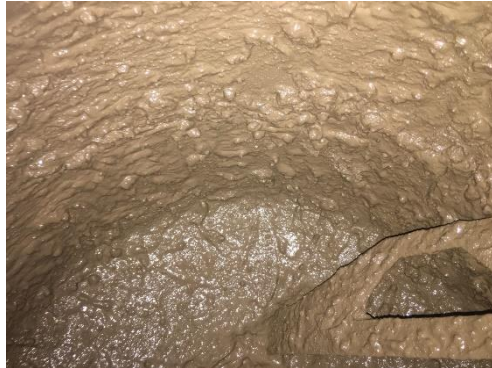
1. Membuka bekisting pada V3, V4, V5 dan V6
  - a. Kendala
    - Banyak beton yang masih lengket pada bekisting
    - Beton banyak masih lubang kekurangan mortar (seperti beng-beng)
  - b. Solusi
    - Mengolesi oli ke bekisting lebih rata lagi dan menggunakan oli yang bagus
    - Menjaga mortar agar tetap ada dan tidak menempel pada dinding molen

Dokumentasi :



2. *Mixing* variabel V7 dan V8 masing-masing 4 silinder ukuran 10x20 cm menggunakan molen konvensional
  - a. Kendala
    - Mortar lengket pada dinding molen seperti pada sebelumnya
    - Jika mortar lengket pada dinding mortar maka dinding mortar terasa panas karena reaksi kimia dari alkali semen geopolimer
  - b. Solusi
    - Mengubah atau memodifikasi alat molen konvensional dengan cara melapisi xilython atau teflon yang anti lengket (modified : Arrahamtur Rizqi)
    - Membuat alat molen dari plastik yang kuat (modified : Arrahamtur Rizqi)
    - Menggunakan beton SCC (*Self Compacting Concrete*)
    - Menggunakan alat *hand mixer*
    - Mengatur agar setelah air terakhir dimasukkan untuk tidak sampai melebihi lebih dari 45 detik karena jika air sudah dimasukkan kemudian molen diputar selama lebih dari 1 menit maka mortar mulai lengket terhadap dinding molen dan dinding molen menjadi panas.

Dokumentasi :



- Tanggal : 16 Maret 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : pengangkatan benda uji yang akan diuji pada umur 28 hari pada tanggal 19 Maret

- Tanggal : 19 Maret 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : : Pengujian UPV, *hammer test* dan kuat tekan beton umur 28 hari yang dibuat pada tanggal 19 Februari

a. Kendala

- Beton masih belum mengeras sempurna (masih rapuh dan agak lembek)
- Pada waktu *hammer test* sebagian beton ada yang rusak



- Pada saat *dicapping* (sisi atas dan bawah beton diberi belerang) belerang tidak mau menempel pada beton
- b. Solusi
- Beton tidak perlu dilakukan *curing* (direndam dalam air), cukup dibiarkan dalam suhu ruang atau *Polythene Curing*, yaitu melapisi membran plastik
  - Tidak perlu *dicapping* hanya diratakan saja permukaan betonnya jika belum rata.

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 5 April 2018

Tempat : Lab Jalan Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Menghaluskan lagi semen geopolimer menggunakan variabel baru untuk dapat membuat beton SCC. Untuk variabel baru ini hanya menggunakan 4 variabel. Keputusan tersebut diambil karena beberapa faktor diantaranya karena waktu yang semakin singkat, menghemat material terutama semen geopolimernya (karena pembuatannya cukup memakan waktu dan tenaga) serta alat los angeles dan lab jalan masih dipakai praktikum oleh mahasiswa. Hal tersebut sudah melalui diskusi dengan para pembimbing dan dapat dilihat hasil diskusinya pada lembar asistensi. Berikut ini adalah 4 variabel baru semen geopolimer yang digunakan dalam membuat beton SCC.

Variabel	Fly Ash (gr)	NaOH (gr)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (gr)	Jumlah (gr)
1	4125	250,0	625,0	5000
2	4125	291,7	583,3	5000
3	4125	437,5	437,5	5000
4	4125	583,3	291,7	5000

a. Kendala

- Lab jalan hanya yang bisa digunakan diatas jam 16.00 WIB

b. Solusi

- Memulai tepat jam 16.00 WIB
- Mengatur jadwal pemakaian lab dengan petugas lab yang ada

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 8 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Mempersiapkan bekisting kubus ukuran 5x5x5 cm dan alat *flow table test*.

a. Kendala

- Bekisting kotor berdebu
- Banyak baut yang hilang dan rusak
- Alat *flow table test* berdebu dan sulit digunakan

b. Solusi

- Membersihkan bekisting
- Memperbaiki dan memberi baut yang hilang
- Memberi pelumas pada alat *flow table test* agar mudah digunakan seperti semestinya

➤ Tanggal : 9 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pembuatan beton geopolimer V1, V2, V3 dan V4 kubus ukuran 5x5x5 cm menggunakan alat *table mixer*. Dalam pembautan beton geopolimer ini masing-masing variabel hanya 3 benda uji untuk diuji umur 3 hari.

a. Kendala

- Kesulitan pada waktu menuangkan material ke dalam wadah *mixer*

b. Solusi

- *Mixer* dimatikan pada saat memasukkan material

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 10 April 2018

Tempat :

1. Toko Solomon Jl. Barata Jaya 16 B

## 2. Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

### Kegiatan :

1. Membeli baut untuk bekisting
2. Pelepasan bekisting kubus beton umur 1 hari.
  - a. Kendala
    - Beton masih belum kering sempurna (masih rapuh)
  - b. Solusi
    - Pelepasan bekisting dilakukan lebih dari umur 1 hari.

### Dokumentasi :



➤ Tanggal : 11 April 2018

### Tempat :

1. Toko Solomon Jl. Barata Jaya 16 B
2. Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Membeli baut untuk bekisting
2. Pembuatan beton geopolimer V1, V2, V3 dan V4 kubus ukuran 5x5x5 cm menggunakan alat *table mixer*. Dalam pembautan beton geopolimer ini masing-masing variabel hanya 3 benda uji/umur untuk diuji umur 7, 14 dan 28 hari.
  - a. Kendala
    - Adonan beton tumpah dan cawan *mixer* tidak cukup jika semua bahan dicampur langsung secara bersamaan
  - b. Solusi
    - Memasukkan material ke dalam cawan *mixer* secara perlahan dan bertahap agar adonan tidak tumpah.

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 12 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian beton V1, V2, V3 dan V4 umur 3 hari

a. Kendala

- Alat uji tekan yang bisa menyetrum (alat masih teraliri listrik)
- Permukaan alat tekan yang kurang rata

b. Solusi

- Menggunakan sarung tangan yang kering agar tidak tersengat listrik pada saat menggunakan alat.
- Atas benda dikasi plat besi agar pada waktu pengujian alat uji tekan yang menekan benda uji menjadi rata.

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 16 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Pelepasan bekisting kubus ukuran 5x5x5 cm yang dibuat pada tanggal 11 April.
2. Membersihkan dan menyiapkan kembali bekisting serta mengolesinya dengan oli
3. Menyiapkan dan menimbang material yang akan digunakan *mixing* pada tanggal 17 April
4. Menggunakan *Polythene Curing*, yaitu melapisi membran plastik

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 17 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pembuatan mortar geopolimer V1, V2, dan V3 kubus ukuran 5x5x5 cm menggunakan alat *table mixer*. Dalam



pembuatan mortar geopolimer ini masing-masing variabel hanya 3 benda uji/umur untuk diuji umur 3, 7, 14 dan 28 hari.

- a. Kendala
  - Beberapa adonan lengket pada alat *flow tabel test*
- b. Solusi
  - Mengolesi oli pada alat *flow table test*.

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 18 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian benda uji beton umur 7 hari yang dibuat pada tanggal 11 April

- a. Kendala
  - Pada saat menguji benda uji mesin uji tekan kekurangan oli sehingga dia penunjukan nilai kuat tekan tidak bisa bekerja dengan baik.

b. Solusi

- Menggunakan alat yang besar dengan satuan kN (kilo Newton) dengan kecepatan yang rendah
- Meminta tolong kepada teknisi lab untuk mengisi oli mesin uji tekan

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 20 April 2018

Tempat :

1. Toko bangunan UD. Sinar Terang No. 38
2. Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Pelepasan bekisting kubus ukuran 5x5x5 cm yang dibuat pada tanggal 17 April.

2. Membersihkan dan menyiapkan kembali bekisting serta mengolesinya dengan oli untuk digunakan pada tanggal 23 April
3. Menguji tekan mortar umur 3 hari yang dibuat pada tanggal 17 April
4. Menggunakan *Polythene Curing*, yaitu melapisi membran plastik

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 23 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pembuatan mortar geopolimer V4, variabel kontrol beton, dan variabel kontrol mortar ukuran 5x5x5 cm menggunakan alat *table mixer*. Dalam pembuatan mortar geopolimer ini masing-masing variabel hanya 3 benda uji/umur untuk diuji umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Untuk variabel kontrol tersebut menggunakan semen konvensional.

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 24 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian benda uji mortar umur 7 hari yang dibuat pada tanggal 17 April

Dokumentasi :

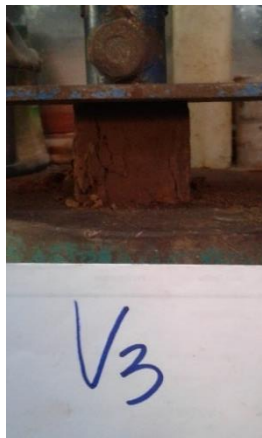


➤ Tanggal : 25 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian benda uji beton umur 14 hari yang dibuat pada tanggal 11 April

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 26 April 2018

Tempat :

1. Toko Enjeka Jl. Ngagel Jaya Selatan No. 95
2. Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Membeli NaOH (soda api) 2 kg
2. Pelepasan bekisting kubus ukuran 5x5x5 cm yang dibuat pada tanggal 23 April.
3. Membersihkan dan menyiapkan kembali bekisting serta mengolesinya dengan oli
4. Pengujian benda uji umur 3 hari yang dibuat pada tanggal 26 April
5. Menggunakan *Polythene Curing*, yaitu melapisi membran plastik

Dokumentasi :





➤ Tanggal : 30 April 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian benda uji umur 7 hari yang dibuat pada tanggal 26 April

a. Kendala

- Alat pengujian mengalami kebocoran oli sehingga dia penunjukan nilai kuat tekan tidak bisa bekerja dengan baik.

b. Solusi

- Menggunakan alat yang besar dengan satuan kN (kilo Newton) dengan kecepatan yang rendah
- Meminta tolong kepada teknisi lab untuk memperbaiki mesin uji tekan yang bocor

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 1 Mei 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian benda uji mortar umur 14 hari yang dibuat pada tanggal 17 April

Dokumentasi :





➤ Tanggal : 4 Mei 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Mempersiapkan bekisting silinder 10x20 cm sebanyak 5 silinder
  - a. Kendala
    - Baut bekisting banyak yang hilang dan rusak
    - Banyak bekisting yang bukan pasangannya
  - b. Solusi
    - Memperbaiki baut yang hilang dan rusak pada bekisting
    - Memberi tanda pada bekisting agar cocok pada pasangannya
2. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada *mixing* tanggal 5 Mei
3. Meminjam alat *hand mixer* di Pak Husin

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 4 Mei 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pembuatan beton geopolimer ukuran silinder 10x20 cm metode SCC dengan menggunakan alat *hand mixer*.

a. Kendala

- Timba yang digunakan beberapa kali berputar-putar pada saat *hand mixer* beroperasi.

b. Solusi

- Timba dipegangi atau diganjal biar tidak berputar pada saat *hand mixer* beroperasi.

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 7 Mei 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Pelepasan bekisting silinder ukuran 10x20 cm yang dibuat pada tanggal 4 Mei
2. Pengujian benda uji umur 14 hari yang dibuat pada tanggal 23 April

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 9 Mei 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian benda uji beton umur 28 hari yang dibuat pada tanggal 11 April

a. Kendala

- Pada saat menguji benda uji mesin uji tekan kekurangan oli sehingga dia penunjukan nilai kuat tekan tidak bisa bekerja dengan baik.

b. Solusi

- Menggunakan alat yang besar dengan satuan kN (kilo Newton) dengan kecepatan yang rendah
- Meminta tolong kepada teknisi lab untuk mengisi oli mesin uji tekan

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 15 Mei 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian benda uji mortar umur 28 hari yang dibuat pada tanggal 17 April

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 17 Mei 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian *setting time* V1

a. Kendala

- Pada saat pasta semen geopolimer dibentuk menjadi bola pasta semen geopolimer atau melemparkan adonan tersebut dari tangan ke tangan lengket terhadap sarung tangan.
- Pada saat pembuatan pasta semen geopolimer 250 gram ternyata kurang memenuhi cincin ebonit

b. Solusi

- Pasta semen geopolimer tidak usah dibentuk menjadi bola pasta semen geopolimer atau melemparkan adonan tersebut dari tangan ke tangan, jadi setelah pasta homogen langsung

dimasukkan ke dalam cincin ebonit (modified : Arrahmatur Rizqi)

- Pada saat pembuatan pasta semen geopolimer diperlukan sebanyak 350 gram semen geopolimer untuk memenuhi cincin ebonit (modified : Arrahmatur Rizqi)

Dokumentasi :



➤ Tanggal : 21 Mei 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan : Pengujian benda uji umur 28 hari yang dibuat pada tanggal 23 April

Dokumentasi :



- Tanggal : 22 Mei 2018  
Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS  
Kegiatan : Pengujian *setting time* V2
  
- Tanggal : 23 Mei 2018  
Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS  
Kegiatan : Pengujian *setting time* V3
  
- Tanggal : 24 Mei 2018  
Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS  
Kegiatan : Pengujian *setting time* V4

➤ Tanggal : 1 Juni 2018

Tempat : Lab Beton Departemen Teknik Sipil ITS

Kegiatan :

1. Pengujian *setting time* V3
2. Pengujian dan UPV kuat tekan umur 28 hari dengan benda uji silinder 10x20 cm yang dibuat pada tanggal 4 Mei.
  - a. Kendala
    - Belerang tidak mau menempel pada permukaan beton pada saat *capping*
  - b. Solusi
    - Menghaluskan permukaan beton yang tidak rata

Dokumentasi ;

